



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

IDENTIFIKACE ZDROJŮ RIZIK PRŮMYSLOVÝCH PECÍ - PRŮMYSLOVÉ PLYNOVÉ PECE

IDENTIFICATION OF RISKS RELATED TO INDUSTRIAL FURNACES - INDUSTRIAL GAS-FIRED FURNACES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Zuzana Němčáková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka: **Zuzana Němčáková**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce: **Ing. Luboš Kotek, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Identifikace zdrojů rizik průmyslových pecí – průmyslové plynové pece

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Průmyslové pece nacházejí uplatnění v mnoha technologických procesech tepelného a chemicko–tepelného zpracování. Některé s těchto výrobků mohou představovat riziko jak pro operátora, tak pro okolní obyvatelstvo použitím vysokých teplot a uvolněním nebezpečných látek. Aby bylo možné předejít nebezpečným událostem, je především nutné identifikovat všechna rizika spojená s použitím průmyslových pecí.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše v oblasti bezpečnosti průmyslových pecí.
Systémový rozbor problematiky.
Návrh řešení.
Diskuze výsledků a doporučení pro další rozvoj.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN ISO 12100. Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika.

ČSN 06 3003. Průmyslové plynové pece. Základní ustanovení.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá identifikací zdrojů rizik a nebezpečí, která mohou nastat při provozu průmyslové plynové pece. Je uvedeno rozdělení průmyslových plynových pecí dle technologického určení a dle konstrukce, pro pochopení funkce pece jsou pomocí nákresu popsány její části a důležitou součástí je i popis jejího provozu. Hlavní pozornost byla věnována rešerši havárií plynových pecí jak v odvětví hutnictví, tak např. v odvětví chemickém a na jejich základě byl zpracován Ishikawa diagram. Byla zhotovena i rešerše v oblasti legislativních požadavků na bezpečnost provozu průmyslových pecí a norem týkajících se tohoto tématu. Dle normy ČSN EN ISO 12100 pak mohla být vypracována identifikace zdrojů rizik, která je popsána v poslední kapitole.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the identification of the sources of risks and hazards that can occur during the operation of an industrial gas furnace. The classification of industrial gas furnaces according to their design is presented, the parts of the furnace are described by means of a drawing to understand the function of the furnace, and a description of the operation of the furnace is also an important part of the paper. The main attention has been paid to the research of gas furnace accidents, both in the metallurgical sector and in the chemical sector, for example, and on the basis of these, the Ishikawa diagram has been prepared. A search was also made of the legislative requirements for the safety of industrial furnace operation and the standards relating to this subject. The identification of sources of risk could then be made according to EN ISO 12100, which is described in the last chapter.

KLÍČOVÁ SLOVA

Průmyslová plynová pec, Ishikawa diagram, průmyslová havárie, ČSN EN ISO 12100, identifikace nebezpečí

KEYWORDS

Industrial gas furnace, Ishikawa diagram, industrial accident, ISO 12100, hazard identificati

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NĚMČÁKOVÁ, Zuzana. *Identifikace zdrojů rizik průmyslových pecí – průmyslové plynové pece* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157336>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Luboš Kotek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala panu Ing. Luboši Kotkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky, a především za jeho vstřícný přístup během tvorby této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu a pomoc během celého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením Ing. Luboše Kotka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.5. 2024

.....

Němčáková Zuzana

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	SYSTÉMOVÝ ROZBOR PROBLEMATIKY	17
2.1	ISHIKAWA neboli diagram rybí kosti	17
2.2	Analýza příčin požáru pece pomocí Ishikawa diagramu	18
2.3	Shrnutí a zhodnocení příčin požáru pece	18
3	PRŮMYSLOVÉ PLYNOVÉ PECE	20
3.1	Provoz průmyslových pecí.....	20
3.2	Konstrukce průmyslové plynové pece	21
3.2.1	Hořáky	22
3.2.2	Zkoušky plynových hořáků	23
3.3	Zabezpečení topných systémů plynových pecí.....	23
3.4	Údržba pece	24
3.5	Druhy průmyslových plynových pecí dle technologického určení	24
3.5.1	Ohřívací pece	24
3.5.2	Pece pro tepelné zpracování kovů	25
4	LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA BEZPEČNOST PRŮMYSLOVÝCH PLYNOVÝCH PECÍ A SOUVISEJÍCÍ NORMY	26
4.1	Legislativa.....	26
4.1.1	Zákon č. 262/2006 Sb.	26
4.1.2	Zákon č. 309/2006 Sb.	27
4.1.3	Vyhláška 48/1982 Sb.	27
4.1.4	Vyhláška č. 51/1989 Sb.	28
4.1.5	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES	29
4.1.6	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/34/EU	31
4.1.7	Směrnice Evropského parlamentu a Rady 1999/92/ES	33
4.1.8	Nařízení vlády č. 191/2022 Sb.	34
4.2	Technické normy	36
4.2.1	Harmonizované normy	36
4.2.2	ČSN EN ISO 12100:2011	37
4.2.3	ČSN 06 3003	40
4.2.4	ČSN EN 746-2	40
4.3	Shrnutí.....	42
5	HAVÁRIE	43
5.1	Geleen, Nizozemsko, duben 2003	43
5.2	Fraisses, Francie, únor 2005	44
5.3	Weifang, Shandong, Čínská lidová republika, prosinec 2017	45
5.4	Köln, Německo, srpen 2018	45
5.5	Rai, Francie, březen 2021	45
5.6	Haybes, Francie, říjen 2021	46
5.7	Sulawesi, Indonésie, prosinec 2023	46
5.8	Žebrák, únor 2024	47
5.9	Shrnutí.....	47
6	POSOUZENÍ RIZIK DLE NORMY ČSN EN 12100:2011 A NÁVRH ŘEŠENÍ	48
6.1	Metodický postup identifikace nebezpečí a odhadu rizika	48
6.2	Analýza rizika dle normy ČSN EN 12100:2011	49

6.2.1	Blokový diagram průmyslové plynové pece	50
6.2.2	Mezní hodnoty průmyslové plynové pece	50
6.3	Zdroje nebezpečí u jednotlivých komponent stroje.....	52
6.4	Možné nebezpečné situace během životního cyklu.....	53
6.5	Seznam identifikovaných nebezpečí u průmyslové plynové pece	57
7	DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ ROZVOJ.....	63
8	ZÁVĚR.....	65
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	67
10	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	70
	Seznam zkratk a symbolů.....	70
	Seznam tabulek	71
	Seznam obrázků	71

1 ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je identifikace zdrojů rizik u průmyslových plynových pecí. Průmyslové pece jsou nezbytnou součástí mnoha průmyslových procesů, jako je žíhání, tavení nebo tepelné zpracování kovů. Principem průmyslové plynové pece je spalování plynného paliva, jehož tepelná energie se přeměňuje na teplo, které je využíváno právě ke zmíněným účelům. Při provozu plynové pece však mohou nastat nepříznivé události, jejichž příčinou je nejčastěji vysoká teplota nebo uvolňující se plyny, které mohou mít vliv na zdraví zaměstnanců.

Tato práce se zabývá identifikací nebezpečí a nebezpečných situací, které mohou nastat při provozu průmyslové plynové pece.

Nejprve je nutné popsat funkci průmyslové plynové pece. Popis konstrukce či funkce pece je pro analýzu nebezpečí, která jsou spojena s provozem, důležitý. Dále jsou popsány nejdůležitější legislativní požadavky a normy a v neposlední řadě provedena rešerše havárií plynových pecí.

Na základě poznatků od vedoucího této bakalářské práce je provedena identifikace nebezpečí, zhodnocení rizik a odhad velikosti rizik u jednotlivých nebezpečí, a nakonec jsou navržena určitá možná opatření, která by mohla hrozícímu nebezpečí předcházet. Vše je provedeno za předpokladu, že nejsou použita žádná bezpečnostní opatření ke snížení rizika a průmyslová plynová pec je teprve v procesu konstrukčního návrhu.

2 SYSTÉMOVÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

Systémový přístup je způsob myšlení či řešení problémů zkoumajících jevy a procesy komplexně s uvážením vnitřních i vnějších souvislostí. Je charakteristický pro řešení a odstraňování problémů především v oblasti řízení a rozhodování, ale i v oblasti analýzy systémů. [1]

Systémová analýza a systémový návrh jsou dvě navzájem těsně spojené a aplikačně orientované oblasti systémové vědy. Zabývají se zejména použitím abstraktních systémů ve vyšetřování vlastností reálných i koncepčních systémů, které se vytvářejí a analyzují při řešení složitého problému. Řešení složitých problémů provádíme obvykle v interdisciplinární spolupráci ve smíšeném týmu. Metodologie systémové analýzy se obvykle používá jako základ pro přípravu kvalitních rozhodnutí. [1]

Cílem systémové analýzy je odhalení základních vlastností struktury a chování analyzovaného reálného nebo koncepčního systému. V celkovém procesu systémové analýzy provádíme pomocí systémových modelů různé druhy analýz. [1]

Abychom systémový rozbor zpracovali správným způsobem, je nutné zvolit si takový postup analýzy, který bude nejvhodnější z hlediska typu strojního zařízení.

Hlavním cílem této bakalářské práce je identifikace zdrojů rizik průmyslové plynové pece, které ohrožují při provozu jak pracovníky, tak i blízké okolí. Aby bylo možné předejít nebezpečným situacím, jako je např. požár nebo exploze pece, je nutné zanalyzovat nejen rizika, ale i faktory, které by mohly nebezpečnou situaci zapříčinit. Nedílnou součástí je rešerše v oblasti havárií a celkové shrnutí a zhodnocení možných příčin havárií, k tomu nám poslouží Ishikawův diagram.

Pro analýzu rizik průmyslové plynové pece byla zvolena metoda dle normy ČSN EN ISO 12100:2011, které bude věnována kapitola 6.

2.1 ISHIKAWA neboli diagram rybí kosti

Ishikawův diagram nazýván též diagram příčin a následků, diagram rybí kosti nebo Ishikawa, jehož autorem je japonský odborník Kaoru Ishikawa, je jednoduchá analytická technika pro zobrazení a následnou analýzu příčin a následků. Každý následek (problém) má svou příčinu nebo kombinaci příčin. Jeho cílem je analýza a určení nejpravděpodobnější příčiny řešeného problému. [2]

Diagram je tvořen v týmu, kdy se při hledání řešení využívá například brainstorming. Při řešení problému se v diskusi nebo pomocí jiné analytické techniky systematicky hledají jeho možné příčiny a znázorňují se formou rybí kosti. [2]

Hlavní možné příčiny, které mohou být stanoveny:

- lidé (Man power),
- technologie (Methods),
- stroj (Machines),
- materiál (Materials),
- měření (Measurements),

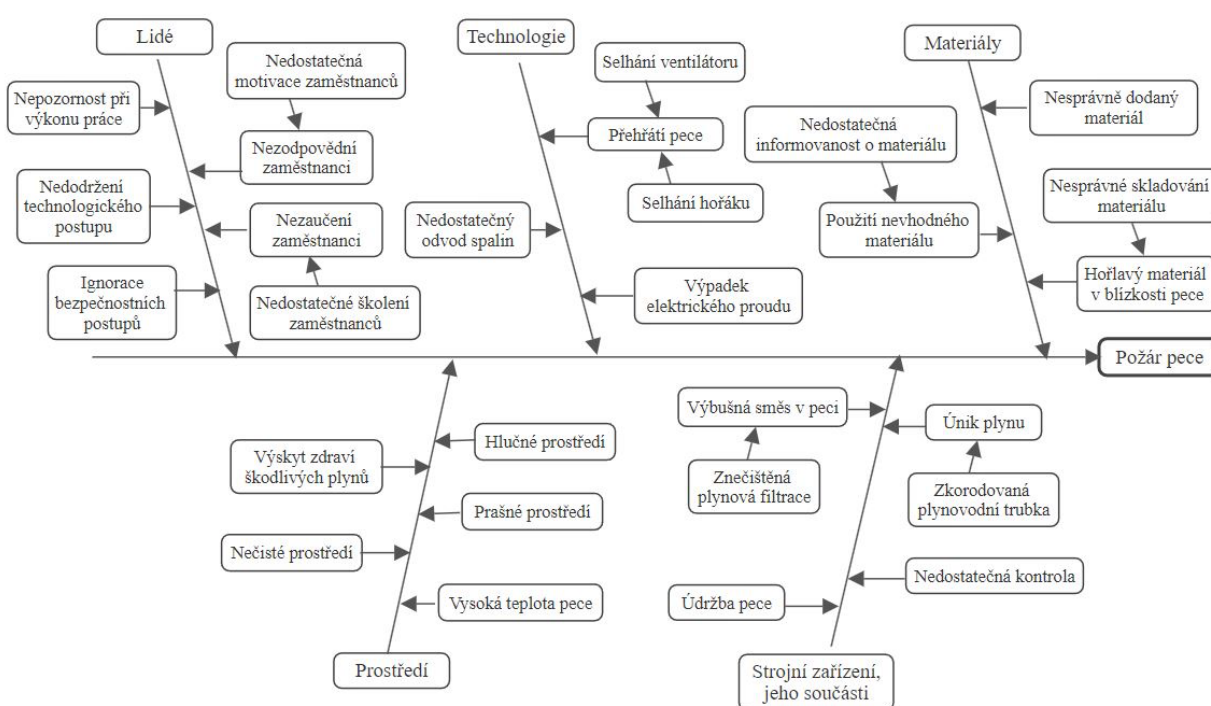
- prostředí (Mother nature) – environment. [2]

Ishikawa diagram je záznam příčinné souvislosti řešeného problému a jeho kořenových příčin. Zjištěné příčiny je pak možné eliminovat a tím problém trvale odstranit. [3]

Do „hlavy“ rybí kostry se vypíše stručně analyzovaný problém, tedy to, co je třeba eliminovat či odstranit. Do předem definovaných kategorií tým vypisuje možné příčiny vzniku problému. V úvahu je nutné vzít skutečnost, že problém není ve většině případů způsoben jednou příčinou, ale současným působením několika příčin. Konkrétní kořenové příčiny lze řešit preventivními či nápravnými opatřeními. Po analýze je třeba navrhnout plán eliminace všech příčin a v případě úspěšného řešení je uplatnit ve výrobním procesu. [3]

2.2 Analýza příčin požáru pece pomocí Ishikawa diagramu

Dle studijních opor a pomocí řešerše v oblasti havárií průmyslových plynových pecí byl vypracován Ishikawa diagram (viz obrázek číslo 1), kdy hlavní problém tvoří požár pece.



Obr. 1) Ishikawa diagram požáru pece

2.3 Shrnutí a zhodnocení příčin požáru pece

Lidská chyba je jednou z hlavních příčin požáru pece. Nedostatečná motivace, která se váže na nezodpovědnost pracovníků, souvisí také s nedodržováním technologických postupů a ignorací bezpečnostních předpisů, tyto příčiny jsou jedny z nejčastějších příčin havárií.

Další velmi častou příčinou je nedostatečná kontrola a údržba jak pece samotné, tak jejích komponent, s tímto problémem samozřejmě také souvisí nezodpovědnost pracovníků či provozovatelů. Nedostatečná údržba může vést k netěsnosti plynovodního potrubí, která je většinou způsobena technickým stavem potrubí. Kvůli nedostatečné údržbě může potrubí korodovat a vznikají trhliny, které mají poté za následek únik plynu. Při zapalování pece nebo při spouštění elektrických ventilátorů pak unikající plyn zapříčiní explozi pece, jelikož plyn je velmi hořlavý a výbušný.

Problémem bývá i špatně skladovaný materiál či technologické potřeby např. skladování kyslíkových bomb v blízkosti pece.

Nedodržení technologických postupů a bezpečnostních předpisů může vést k explozi pece a smrtelným zraněním pracovníků. Řešením nezodpovědnosti zaměstnanců je dostatečná motivace a důsledné proškolení o možných následcích porušení předpisů.

Porušování těchto předpisů je závažný přečin. Havárie v průmyslu jsou nepřijatelné nejen kvůli lidským ztrátám, ale i kvůli ztrátám finančním a majetkovým.

3 PRŮMYSLOVÉ PLYNOVÉ PECE

Průmyslová pec je technologické zařízení, jehož hlavním úkolem je vytvořit vhodné podmínky pro daný technologický proces. Pro vyšší hospodárnost provozu se využívá odpadního tepla spalin a důležitý je i tvar pracovního prostoru pece. Hlavními ukazateli práce pece jsou teplotní a tepelný režim, účinnost a výkonnost. Teplota pece je dána jejím technologickým určením a závisí na množství tepla, které je pohlcováno stěnami pece a vsázkou, na spalné teplotě paliva, ale i na velikosti ostatních tepelných ztrát. Výkonnost pece ovlivňuje řada činitelů a udává, kolik materiálu vytavíme, vysušíme, ohřejeme a obecně vyrobíme. [4]

Charakteristicky dělíme pece dle:

- a) technologického určení,
- b) zdroje tepla,
- c) tvaru pracovního prostoru,
- d) způsobu využití tepla odpadních spalin. [4]

V případě zaměření této bakalářské práce nás bude zajímat dělení dle zdrojů tepla, které se dále dělí na plamenné, elektrické a bez vnějšího zdroje tepla. Do skupiny plamenných pecí, jejichž tepelná energie je získána spalováním pevného, kapalného nebo plynného paliva, patří právě plynové pece. [4]

Průmyslová plynová pec je zařízení, ve kterém se teplo potřebné k technologickému procesu získává spalováním plynu a používá se k tepelnému a chemicko-tepelnému zpracování kovů a slitin. [5]

3.1 Provoz průmyslových pecí

Průmyslové pece se používají v různých aplikacích, jako je žíhání, tvrdé pájení, vytvrzování, kování, tavení a tepelné zpracování. Průmyslová pec přeměňuje energii na teplo, které se pak využívá k provádění specifického procesu, jako je tavení kovu nebo tepelné zpracování materiálů. [6]

Pec se skládá z několika základních součástí. První je spalovací komora, kde se spaluje palivo. Palivo je do spalovací komory přiváděno přes hořák, který reguluje průtok paliva a vzduchu do komory. Teplota uvnitř komory je regulována hořákem a monitorována termočlánkem. [6]

Teplo vznikající uvnitř spalovací komory je pak pomocí výměníků tepla přenášeno do pracovního prostoru. Výměníky tepla jsou navrženy tak, aby maximalizovaly přenos tepla a zároveň minimalizovaly spotřebu energie. Pracovním prostorem může být otevřený prostor pro dávkové zpracování nebo uzavřená komora pro nepřetržitý provoz. [6]

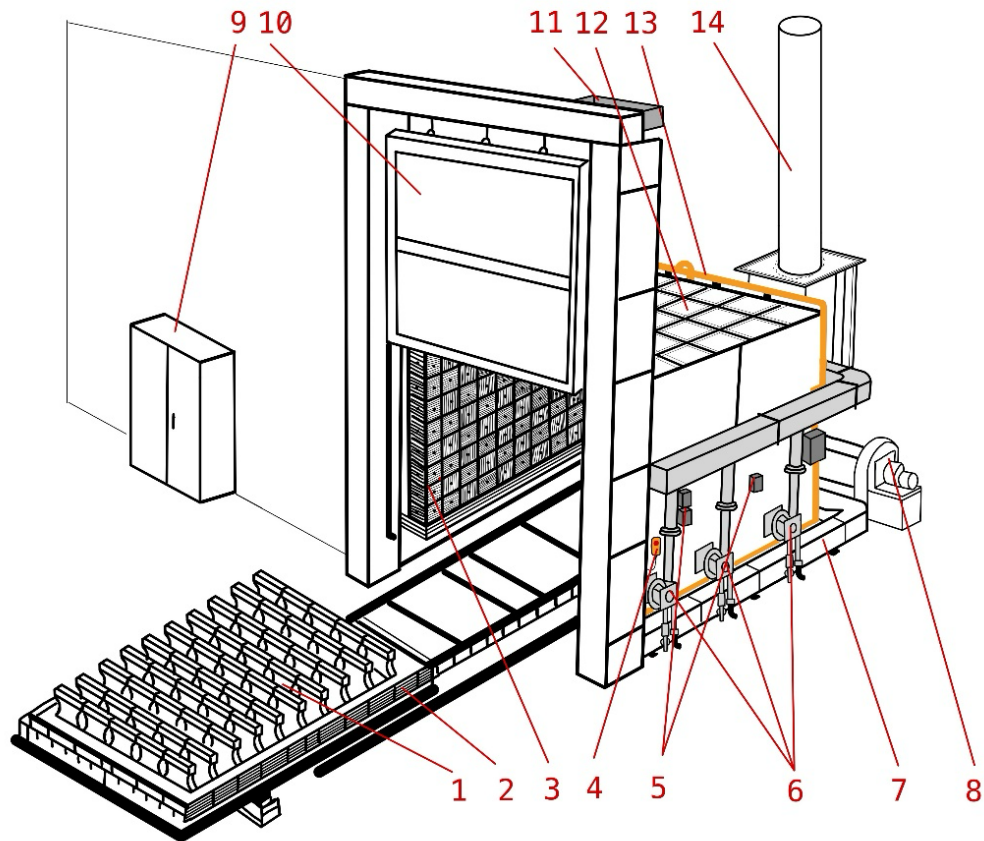
Pec má také systém, který odvádí spaliny. Systém je navržen tak, aby snižoval znečištění eliminací toxických plynů, jako je oxid uhelnatý a oxid dusíku. Výfukové plyny jsou odváděny potrubním systémem a komínem ven z pracovních prostor. [6]

3.2 Konstrukce průmyslové plynové pece

Konstrukční řešení plynových pecí vychází z jejich technologického určení. Všechny typy plynových pecí mají tyto společné konstrukční skupiny:

- ocelové konstrukce s pohybovými mechanismy,
- topné systémy s plynovými hořáky a armaturami,
- vyzdívky a tepelné izolace,
- měřicí a regulační zařízení,
- silnoproudá elektrozařízení (elektropohony),
- systém odtahu spalin z pece. [7]

Níže můžeme vidět vlastnoruční náčrtek vozokomorové pece, který byl inspirován pecí, jež nabízí firma LAC, s.r.o. na svých webových stránkách.



Obr. 2) Popis pece 1. Vsázka, 2. Vůz, 3. Vyzdívka, 4. Ovladač dveří a vozíku, 5. Regulátory hořáků, 6. Hořáky, 7. Vzduchové potrubí, 8. Ventilátor, 9. Rozvaděč, 10. Dveře, 11. Motorový pohon dveří, 12. Komora, 13. Plynové potrubí, 14. Komín [8]

Ocelové konstrukce

Ocelové konstrukce tvoří hlavní nosnou část pece. Je tvořena z profilů a plechu, na niž jsou připevněna jiná zařízení a součásti pece: hořáky, potrubí, plošiny atd. [9]

Vyzdívky a tepelné izolace

Vyzdívky pecních agregátů jsou pro ekonomiku provozu velmi důležité, protože slouží k tepelné izolaci pecního prostoru vůči okolnímu prostředí a tím k eliminaci tepelných ztrát vyzdívkou. [9]

Měřicí a regulační zařízení

Tímto pojmem se rozumí soubor měřicí a regulační techniky sloužící ke kontrole a řízení provozu topných systémů plynových pecí. Stupeň vybavení topných systémů měřicími a regulačními přístroji je dán velikostí pecí a jejich technologickým významem. [9]

Topné systémy

Nejdůležitější součástí konstrukce průmyslové plynové pece je topný systém, ten bude popsán podrobněji v kapitole níže.

Topný systém plynové pece představuje soubor technických zařízení sloužících k bezpečnému a hospodárnému vytápění pece plynem. Topné systémy s **ejekčními hořáky** sestávají z těchto základních částí a armatur:

- hlavní uzávěr plynu,
- regulátor tlaku plynu,
- plynový filtr,
- plynoměr,
- tlakoměry,
- manostaty,
- bezpečnostní rychlouzávěr,
- plynové potrubí (rozvod plynu od hlavního uzávěru plynu k jednotlivým hořákům, odvodušňovací potrubí),
- uzavírací a regulační orgány plynu,
- plynové hořáky, zapalovací a stabilizační hořáky, případně zapalovací a hlídací zařízení. [7]

Topné systémy s hořáky s **nuceným přívodem spalovacího vzduchu** sestávají obvykle z těchto dalších částí:

- ventilátoru spalovacího vzduchu,
- hlavního uzávěru vzduchu,
- tlakoměrů vzduchu,
- manostatů vzduchu,
- vzduchového potrubí (rozvod vzduchu od ventilátoru k hořákům),
- uzavíracích a regulačních orgánů vzduchu,
- regulátoru spalovacího poměru,
- rekuperátoru nebo regenerátoru. [7]

3.2.1 Hořáky

Plynový hořák je zařízení zajišťující nepřetržité spalování paliva a možnost regulace procesu hoření, součástí topného systému je i stabilizační hořák, což je hořák určený ke stabilizaci plamene hlavního hořáku. Důležitou součástí je i zařízení reagující na

plamen jím kontrolovaného hořáku, na jeho výstupu vznikají signály ohlašující existenci nebo neexistenci plamene a to je hlídač plamene. [10]

Každý hořák je určen třemi základními údaji:

1. druhem a tlakem paliva,
2. kalorickým výkonem,
3. regulovatelností. [10]

Druhem paliva, tj. chemickým složením a výhřevností, je určeno množství vzduchu nutné pro spálení určitého množství paliva. Chemickým složením je dána měrná hmota důležitá u plyných paliv. [11]

Během dlouhé doby používání průmyslových pecí bylo vyvinuto mnoho druhů hořáků pro kapalná i plyná paliva. [11]

Hořáky rozdělujeme na dvě hlavní skupiny:

1. hořáky pro spalování plyných paliv,
2. hořáky pro spalování kapalných paliv. [11]

Plynové hořáky můžeme rozdělit:

1. hořáky bez předsměšování plynu a vzduchu,
2. hořáky s částečným předsměšováním plynu a vzduchu,
3. hořáky s úplným předsměšováním plynu a vzduchu. [11]

3.2.2 Zkoušky plynových hořáků

Při provozních zkouškách plynových hořáků je zjišťováno, zda nemá hořák výrobní případně montážní nedostatky, zda je plněna vyžadovaná technologická funkce, provozní přetlak paliva a spalovacího vzduchu a dále je kontrolována kvalita spalování v provozních podmínkách, hluk po instalaci na spotřebič a povrchové teploty hořáku. Provozní zkoušky hořáků je vhodné provést i po opravách spotřebiče. [12]

3.3 Zabezpečení topných systémů plynových pecí

Topné systémy plynových pecí se ve smyslu normy ČSN 063003 zabezpečují proti těmto provozním poruchám:

- Proti samovolnému zhasnutí plynových hořáků při poklesu tlaku zemního plynu nebo spalovacího vzduchu pod přípustnou mez nebo při jejich vzrůstu nad přípustnou mez.
- Proti samovolnému zhasnutí plynových hořáků např. při regulaci jejich výkonu, při porušení spalovacího poměru, při náhlém vzrůstu tlaku ve spalovacím prostoru, při poruše spalínového ventilátoru apod. [7]

Pro zajištění topných systémů plynových pecí proti uvedeným poruchám se používají tyto armatury a přístroje:

- Bezpečnostní rychlouzávěry klapkového nebo ventilového provedení,

- Elektromagnetické ventily, případně ventily s elektropohonem ovládané manostaty v rozvodu plynu a spalovacího vzduchu,
- Hlídače plamene instalované v plynových hořácích, které ovládají elektromagnetické ventily v rozvodu plynu. [7]

Norma ČSN 063003 - Průmyslové plynové pece požaduje u pecí s trvalou pracovní teplotou nižší než 750 °C trvalou stabilizaci plamene každého hořáku (stabilizační hořáky, případně hlídač plamene). Zabezpečovací zařízení závislé na elektrickém proudu musí při přerušení dodávky proudu samočinně uzavřít přívod plynu k hořákům pece. Při obnově dodávky elektrického proudu se nesmí zabezpečovací zařízení samovolně otevřít. U pecí s cirkulací spalin a u pecí s umělým odtahem spalin ventilátory musí být uzavření přívodu plynu do hořáků vázáno na jejich funkci. Norma dovoluje po zvážení všech místních podmínek provozu nahrazení zabezpečovacího zařízení proti poklesu a vzrůstu tlaku plynu a vzduchu signálním zařízením. [7]

3.4 Údržba pece

Hospodárnost provozu a prodloužení životnosti pece zajišťuje řádná a plánovaná údržba.

Při kontrole paliva, které nadměrně znečišťuje hořáky i rekuperátor, je třeba prohlížet a čistit pec častěji. Měřicí a regulační přístroje je nutno přezkoušet v daných intervalech. Zvláštní opatrnost je nutná při údržbě a čištění plynového potrubí, které je možné svěřit jen odborně zaučeným silám pod dozorem ochranné čety. [10]

3.5 Druhy průmyslových plynových pecí dle technologického určení

Využití průmyslových plynových pecí najdeme zejména v hutnictví a strojírenství. Můžeme je rozdělit dle technologického určení:

- ohřívací pece (narážecí, krokové, hlubinné, komorové, vozové, strkací karuselové),
- pece pro tepelné zpracování kovů (komorové, vozové, pokloповé, válečkové),
- tavicí pece pro barevnou metalurgii,
- pece pro sušení slévárenských písků, forem a jader,
- pece pro chemickou úpravu kovů (cementace, nitridace),
- fosfátovací a zinkovací pece. [7]

3.5.1 Ohřívací pece

Krokové pece

Používají se k ohřevu hutních polotovarů (sochorů a bram) a kontislitků před válcováním i pro linky tepelného zpracování. [13]

Komorové pece pro ohřev v kovárnách

Komorové pece ohřívají vsázku před následným kováním nebo lisováním, kdy pracovní teploty jsou do 1300 °C. Kvůli různé velikosti vsázky jsou pece řešeny buď s

pevnou, nebo pohyblivou nístějí. Pokud je nístěj výjezdná, jedná se o pec vozovou. Oproti vozovým pecím potřebují komorové pece zařízení pro manipulaci se vsázkou při jejím zakládání a vyjímání. Pece jsou doplněny rekuperátorem, jelikož značná část tepla odchází do pracovního prostoru nevyužita. [13][14]

Vozové ohřívací pece

Pece jsou vhodné pro ohřev ingotů a polotovarů v kovárnách. V pracovním prostoru vozových ohřívacích pecí se může dosahovat teploty až 1350 °C. Jejich výhodou je snadná přístupnost pro zakládání a vyjímání vsázky, možnost použití mostového jeřábu v hale a nezávislost na dalším manipulačním zařízení. Používají se zejména při kování velmi rozměrných výkovků, jako jsou rotory parních turbín. [13]

Karuselové pece

Karuselové pece jsou průběžné pece používané pro ohřev polotovarů pro válcování, kování, lisování a protlačování v sériové výrobě s měnícím se sortimentem ohřívané vsázky. Nejčastěji se uplatňují ve válcovnách trubek a u pecí menších výkonů např. při ohřevu přířezů pro zápusťkové kování. [13]

3.5.2 Pece pro tepelné zpracování kovů

Komorové pece pro tepelné zpracování oceli

Pece slouží k tepelnému zpracování ocelových výkovků, válcovaných profilových tyčí, zejména menších průřezů (ve svazcích), případně také odlitků při teplotách zpravidla od cca 250 °C do 1150 °C. Používají se zejména pro normalizaci, ohřev pro kalení a popouštění. [13]

Vozové žihací pece

Vozové žihací pece se uplatňují při tepelném zpracování hotových produktů v kovárnách a lisovnách, ale také pro tepelné zpracování odlitků nebo svařenců. Rozměrné díly se žihají uložené na žihacích podložkách na pecním vozu, drobné výrobky se na podložky zavážejí uložené v koších nebo na roštích. Pece se používají pro nejrůznější druhy tepelného zpracování: normalizační žihání, pro popouštění nebo pro žihání na odstranění vnitřního pnutí po tváření nebo svařování. Tomu odpovídá rozsah pracovních teplot od 250 °C do 1150 °C. [13]

4 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA BEZPEČNOST PRŮMYSLOVÝCH PLYNOVÝCH PECÍ A SOUVISEJÍCÍ NORMY

Průmyslové plynové pece mohou ohrozit při provozu nejen obsluhu, ale i její blízké okolí. Abychom mohli předejít nechtěným následkům, je třeba dodržovat provozní a bezpečnostní předpisy. Pro zajištění bezpečnosti průmyslové plynové pece je potřeba splňovat bezpečnostní požadavky dle daných legislativ a norem. V této kapitole budou popsány vybrané nejdůležitější zákony, vyhlášky, směrnice, nařízení a normy týkající se průmyslových plynových pecí jako strojního zařízení.

4.1 Legislativa

V této kapitole se budu věnovat předpisům platným v České republice, které se věnují bezpečnosti a ochraně zdraví při práci (BOZP), které má zaměstnavatel povinnost dodržovat. Samostatná kapitola bude věnována směrnicím Evropské unie, které jsou součástí českých zákonů a které se zabývají bezpečnostními požadavky na konstrukci průmyslových plynových pecí. Pozornost bude směřovaná i na nařízení vlády pojednávající o vyhrazených technických plynových zařízeních a požadavcích na zajištění jejich bezpečnosti.

4.1.1 Zákon č. 262/2006 Sb.

Tento zákon upravuje právní vztahy vznikající při výkonu závislé práce mezi zaměstnanci a zaměstnavateli; tyto vztahy jsou vztahy pracovněprávními. Zákon také zpracovává příslušné předpisy Evropské unie. Smyslem zákona pro pracovněprávní vztahy je zabývat se zejména uspokojivými a bezpečnostními podmínkami pro výkon práce. Zákon obsahuje 14 částí, avšak pro tuto bakalářskou práci je důležitá pátá část. Tato část zákona pojednává o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a obsahuje tři hlavy. [15]

První hlava informuje o předcházení ohrožení života a zdraví při práci, kdy jsou uvedeny povinnosti zajištění bezpečnosti ze strany zaměstnavatele. [15]

Druhá hlava pojednává o povinnostech zaměstnavatele vůči právům a povinnostem zaměstnance. Součástí této hlavy je paragraf o osobních ochranných pracovních prostředcích, pracovních oděvech a obuvi, mycích, čisticích a dezinfekčních prostředcích a ochranných nápojích. [15]

Třetí hlava řeší společná ustanovení, řeší další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích, jakož i zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy stanoví zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. [15]

Závěr zákona č. 262/2006 Sb., část pátá, se zabývá účastí zaměstnanců na řešení otázek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Zaměstnavatel nesmí zbavit práva žádného zaměstnance nebo jeho zástupce z řad odborů, účastnit se na jednáních týkajících se BOZP. [15]

Odborová organizace a zástupce pro oblast bezpečnosti a ochrany zdraví při práci anebo zaměstnanci jsou povinni spolupracovat se zaměstnavatelem a s odborně

způsobitelnými fyzickými osobami k prevenci rizik podle zákona o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci tak, aby zaměstnavatel mohl zajistit bezpečné a zdraví neohrožující pracovní podmínky a plnit veškeré povinnosti stanovené zvláštními právními předpisy a opatřeními orgánů, kterým přísluší výkon kontroly podle zvláštních právních předpisů. [15]

4.1.2 Zákon č. 309/2006 Sb.

Zákonem 309/2006 Sb. se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy, jedná se o rozšíření zákona a o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Zákon se skládá ze čtyř částí. [16]

První část sestává ze tří hlav, **první hlava** popisuje požadavky na pracoviště a pracovní prostředí, výrobní a pracovní prostředky a zařízení, organizaci práce a pracovní postupy a bezpečnostní značky. Popisuje povinnost zaměstnavatele zajistit např., aby pracoviště byla prostorově a konstrukčně uspořádána a vybavena tak, aby pracovní podmínky pro zaměstnance z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci odpovídaly bezpečnostním a hygienickým požadavkům na pracovní prostředí a pracoviště. **Hlava druhá** pojednává o předcházení ohrožení života a zdraví, jestliže se na pracovištích zaměstnavatele vyskytují rizikové faktory, je zaměstnavatel povinen pravidelně měřeními zjišťovat a kontrolovat jejich hodnoty a zabezpečit, aby byly vyloučeny nebo alespoň omezeny na nejmenší rozumně dosažitelnou míru. **Hlava třetí** řeší odbornou způsobilost a zvláštní odbornou způsobilost. [16]

Druhá část se věnuje zajištění bezpečnosti a ochrany při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy. Tato část zákona není důležitá pro tuto práci. [16]

Třetí část zákona se týká dalších úkolů zadavatele stavby, jejího zhotovitele, popřípadě fyzické osoby, která se podílí na zhotovení stavby, a koordinátora bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na staveništi. Tato část zákona také není důležitá pro tuto práci. [16]

Čtvrtá část zákona je složena ze dvou hlav. **První hlava** se zabývá společnými ustanoveními a **hlava druhá** přechodnými a závěrečnými ustanoveními. Tímto zákonem nejsou dotčeny obecné technické požadavky na výstavbu, zvláštní požadavky na pracoviště, na uvedení výrobků na trh a do provozu, na činnosti související s využíváním jaderné energie a ionizujícího záření, na požární ochranu a na činnosti související s prevencí závažných havárií, které jsou stanoveny zvláštními právními předpisy. [16]

4.1.3 Vyhláška 48/1982 Sb.

Český úřad bezpečnosti práce vydal tuto vyhlášku, která stanovuje základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení. Některé části vyhlášky byly zrušeny, dříve byla tvořena patnácti částmi, v současné době je platných sedm částí. Původní číslování bylo zachováno. Pro další popis vyhlášky budou vybrány části týkající se průmyslových plynových pecí. [17]

Desátá část vyhlášky se věnuje průmyslovým pecím. Společná ustanovení pro ocelářské pece popisuje, že do pece, na žlab nebo do pánve nesmí být sázen mokrá

materiál, odpich pece musí být oznámen zvukovým signálem, při opravě pudy nístěje pece musí být pracovníci před odpichovým otvorem upozorněni na nebezpečí rozstříku strusky nebo tekutého kovu a pomocná zařízení a náradí používaná při práci s tekutým kovem nebo struskou nesmějí být vlhká ani studená. K hlubinným pecím je uvedeno:

- Koruna hlubinné pece musí být stále přikryta příklopem (víkem), který se smí otvírat jen při sázení nebo vyprazdňování pece. Prostory pod hlubinnými pecemi musí být větrány.
- Do prostoru pod hlubinné pece musí vstupovat vždy alespoň dva pracovníci vybavení detektorem pro zjišťování koncentrace nebezpečného plynu (například CO).
- Při opravách vyzdívek uvnitř pecí musí být prostor pece řádně odvětrán a hlavní uzávěr plynu bezpečně zajištěn (například zaslepením).
- Vchod do prostoru pod hlubinné pece musí mít bezpečnostní označení. [17]

4.1.4 Vyhláška č. 51/1989 Sb.

Tato vyhláška pojednává o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při úpravě a zušlechťování nerostů, skládá se ze sedmi částí, zahrnuty budou pouze části týkající se plyných paliv nebo samotných průmyslových i průmyslových plynových pecí. Vyhláška se nevztahuje na úpravu a zušlechťování plynů, ropy a jiných kapalin prováděném v souvislosti s jejich dobýváním a na úpravu plynů a kapalin uskladňovaných v přírodních horninových strukturách a v podzemních prostorech. [18]

První část popisuje, že pokud jsou v provozním objektu instalovány měřicí a kontrolní přístroje, do kterých je přiváděn plyn, musí být jejich odfukové potrubí vyvedeno ven z objektu tak, aby se plyn nemohl vracet, a to ani zředěný. Řeší také povinnost organizace ohlásit závažné události, závažné provozní nehody a nebezpečné stavy, kdy dochází např. k nežádoucímu úniku plynu nebo kapaliny, které jsou škodlivé nebo nebezpečné. [18]

Čtvrtá část se věnuje elektrickým a strojním zařízením, kde v základních ustanoveních je psáno, že organizace je povinna vydat pokyny pro obsluhu a údržbu zařízení, které obsahují požadavky pro zajištění bezpečnosti práce a provozu. Zařízení nesmí svou konstrukcí a provozem způsobit požár nebo výbuch hořlavých plynů a par. [18]

Šestá část v prvním oddíle řeší provoz zařízení při úpravě a zušlechťování nerostů, provozní dokumentace pro úpravu a zušlechťování nerostů musí určit dovolenou koncentraci pevných, kapalných a plyných škodlivin v pracovním prostředí, jejichž přítomnost na pracovišti nelze zcela vyloučit, způsob manipulace s palivy a hořáky, počet pracovníků pro obsluhu zařízení, pravidelnou kontrolu obsahu kysličníku uhelnatého při podezření na možnost samovznícení materiálu. Ve třetím oddíle řeší přípravné a pomocné práce. Zařízení, přístroje a náradí v laboratořích musí být udržovány v provozuschopném a bezpečném stavu a musí být rozmístěny tak, aby nebránily přirozenému větrání. Únikové cesty a prostory k manipulaci s materiály, uzávěry vody, plynu a elektrického proudu musí být trvale volné. Stroje a zařízení s vývinem škodlivin (zdroje sálavého tepla, elektrické a plynové pece) musí být rozmístěny s ohledem na fyzikální vlastnosti škodlivin. Čtvrtý díl popisuje sušárny a sušiče, kdy provozní dokumentace musí určit zamezení vzniku nežádoucích plyných zplodin, případně zajištění jejich účinného

odvádění, ochranu pracovníků před prachem a sálavým teplem. Díl pátý popisuje zušlechťování nerostů a samotné pece:

- Pec nesmí být v provozu bez vsázky a odsávání. Pec musí být plněna tak, aby nikdo nemohl být do pece stržen a ohrožen unikajícími plyny.
- Při provozu musí být zabezpečena kontrola stálého hoření používaných hořáků. Při otevřených pozorovacích dvířkách nesmí být do pece podáváno palivo.
- Prostory pro obsluhu pecí musí být vybaveny zařízením pro signalizaci úniku topného plynu a kouřových zplodin. Chlazení vypouštěné hmoty musí být prováděno tak, aby nedošlo k výbuchu nebo opaření pracovníků.
- Oprava pece je dovolena jen po jejím úplném vyprázdnění a po poklesu teploty pod dovolenou hodnotu.
- Pec musí být vybavena teploměrem a tlakoměrem plynu a vzduchu. [18]

4.1.5 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES

Oblast strojních zařízení je nedílnou součástí strojírenského průmyslu, při přímém používání strojních zařízení však dochází k vysokému počtu úrazů, a to lze snížit návrhem bezpečné konstrukce a řádnou instalací a údržbou. Členské státy Evropského společenství jsou na svém území odpovědné za zajištění bezpečnosti a zdraví osob, zejména pracovníků a spotřebitelů, před nebezpečím plynoucím z používání strojních zařízení. Měly by být dodrženy základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost s ohledem na stav techniky v době konstrukce a na technické a ekonomické požadavky. Pokud strojní zařízení může používat i spotřebitel, který není kvalifikovanou obsluhou, měl by to výrobce vzít v úvahu v návrhu a konstrukci. Tato směrnice definuje pouze obecné základní požadavky na ochranu zdraví a na bezpečnost strojních zařízení. Výrobce je povinen splnit požadavky a prokázat shodu se směrnicí, pro usnadnění je žádoucí mít na evropské úrovni harmonizované normy týkající se prevence rizik, která vyplývají z návrhu a konstrukce strojních zařízení. Harmonizovaným normám je věnována pozornost v kapitole 4.3.1. Když výrobce splní požadavky směrnice, vypracuje konstrukční a výrobní dokumentaci, vydá ES prohlášení o shodě a výrobek označí značkou CE (*Conformité Européenne* – Evropská shoda). Každý výrobek, který nese toto označení, je považován za bezpečný, jelikož splňuje požadavky směrnice. [19]

Z těchto výše uvedených důvodů byla směrnice 2006/42/ES vydána. Ve směrnici je psáno, kterých výrobků se týká (např. strojní zařízení, bezpečnostní součásti, příslušenství pro zdvihání, harmonizovaná norma) a kterých ne (např. náhradní bezpečnostní součásti, zvláštní zařízení používaná na výstavištích nebo v zábavních parcích a zbraně). [19]

Definice:

- Strojní zařízení je soubor, který je vybaven poháněcím systémem, který nepoužívá přímo vynaloženou lidskou nebo zvířecí sílu a je sestaven z částí vzájemně spojených, kdy je alespoň jedna pohyblivá.
- Bezpečnostní součást je součást, která plní bezpečnostní funkci, uvádí se na trh samostatně, její selhání ohrožuje bezpečnost osob a není nezbytná pro funkci zařízení.

- Harmonizovaná norma je nezávazná technická specifikace přijatá normalizačním orgánem.
- Náhradní bezpečnostní součásti jsou bezpečnostní součásti, které mají být použity jako náhradní součásti k nahrazení totožných součástí [19]

Před uvedením strojního zařízení do provozu nebo na trh je výrobce povinen zajistit, aby výrobek splňoval základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost, technickou dokumentaci a musí poskytnout např. návod k používání. Provede posouzení shody a vypracuje o shodě ES prohlášení, které bude přiloženo ke strojnímu zařízení, poté připojí označení CE. [19]

Pro posuzování shody strojního zařízení se směrnicí existují následující postupy:

- interním řízením výroby strojního zařízení,
- ES přezkoušení typu,
- komplexní zabezpečování jakosti. [19]

Příloha I, základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost vztahující se na návrh a konstrukci strojních zařízení, řeší obecné zásady, kdy výrobce strojního zařízení musí zajistit posouzení rizika s cílem určit požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost. Na posudek o výsledcích rizika je poté přihlíženo při návrhu a konstrukci strojního zařízení. Pro tento posudek máme následující postup:

- Určí se meze strojního zařízení, což zahrnuje jeho předpokládané použití a jakékoliv jeho důvodně předvídatelné nesprávné použití.
- Určí se nebezpečí, která mohou vyplývat ze strojního zařízení, a s tím spojené nebezpečné situace.
- Odhadnou se rizika při zohlednění závažnosti možného poranění nebo škody na zdraví a pravděpodobnost jejich výskytu.
- Vyhodnotí se rizika s cílem určit, zda je v souladu s cílem této směrnice nutné snížení rizika.
- Vyloučí se nebezpečí nebo sníží rizika spojená s tímto nebezpečím použitím ochranných opatření. [19]

Jednou z podkapitol Přílohy I jsou základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost, kde najdeme definice, uvedeny budou užitečné pro tuto práci:

- Nebezpečím se rozumí možný zdroj poranění nebo poškození zdraví.
- Rizikem se rozumí kombinace pravděpodobnosti a závažnosti poranění nebo škody na zdraví, ke kterým může dojít v nebezpečné situaci.
- Ochranným zařízením se rozumí zařízení (vyjma ochranného krytu), které snižuje riziko, a to samotné nebo ve spojení s ochranným krytem.
- Předpokládaným použitím se rozumí používání strojního zařízení v souladu s informacemi uvedenými v návodu k používání.
- Důvodně předvídatelným nesprávným použitím se rozumí použití strojního zařízení způsobem, který není uveden v návodu k používání, který však může vyplývat ze snadno předvídatelného lidského chování. [19]

Součástí této podkapitoly jsou zásady zajišťování bezpečnosti, materiály a výrobky, osvětlení, konstrukce strojního zařízení z hlediska manipulace, ergonomie, stanoviště

obsluhy a další. Pro průmyslové plynové pece a jejich příslušenství jsou důležité např. tyto požadavky:

- Z každého stanoviště obsluhy musí být obsluha schopna se ujistit, že se v nebezpečném prostoru nikdo nenachází. Není-li to možné, musí být před spuštěním strojního zařízení vydán zvukový nebo světelný výstražný signál.
- Strojní zařízení musí být vybaveno jedním nebo několika zařízeními pro nouzové zastavení, která umožňují odvrácení skutečného nebo hrozícího nebezpečí.
- Konstrukce musí umožnit montáž hasicích přístrojů nebo musí být zabudován hasicí systém přímo do konstrukce.
- Strojní zařízení musí být vybaveno značkami nebo štítky s pokyny týkajícími se používání, seřizování a údržby. Tyto musí být voleny, navrženy a konstruovány tak, aby byly zřetelně viditelné a nerasmazatelné. [19]

4.1.6 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/34/EU

Směrnice z roku 1994 byla podstatně změněna, a tak byla vydána tato nová směrnice, která se týká právních předpisů členských států EU. Věnuje se zařízením a ochranným systémům určeným k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu. [20]

Úkolem členských států je chránit na svém území zdraví a bezpečnost osob, obzvláště pracovníků a případně domácích zvířat a majetku, zejména před nebezpečím plynoucím z používání zařízení a systémů poskytujících ochranu v prostředí s nebezpečím výbuchu. Zařízení a ochranné systémy by proto měly splňovat alespoň jeden z požadavků na ochranu zdraví a bezpečnost. Aby se usnadnilo posuzování shody s těmito požadavky, je nezbytné stanovit předpoklad shody pro výrobky, které jsou ve shodě s harmonizovanými normami přijatými v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady. [20]

Výbušné prostředí směrnice vysvětluje jako směs hořlavých látek v podobě plynů, par, mlhy nebo prachu se vzduchem při atmosférických podmínkách, ve které se po vznícení oheň rozšíří do celé nespálené směsi. Prostor s nebezpečím výbuchu je prostředí, které se může stát výbušným v důsledku místních provozních podmínek. [20]

Výrobce je povinen splnit podobné podmínky, o kterých hovoří směrnice 2006/42/ES, musí vypracovat technickou dokumentaci, provést postup posuzování shody, vypracovat prohlášení o shodě a umístit označení CE. Pokud je to vhodné, provádí se zkoušky vzorků výrobků. Výrobky kromě CE označení musí nést zvláštní označení ochrany proti výbuchu Ex. [20]



Obr. 3) Označování elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu pro plyny a páry [21]

Průmyslové plynové pece můžeme zařadit podle přílohy I do skupiny zařízení II, kategorie 2. Zařízení této kategorie jsou určena k použití v prostorech, ve kterých je pravděpodobný občasný vznik výbušného prostředí vytvářeného plyny, parami, mlhami nebo prachovzdušnou směsí, jsou navržena tak, aby zajistila vysokou úroveň ochrany proti výbuchu. [20]

Příloha II se zabývá základními požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost týkající se návrhu a konstrukce zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu. Důležité požadavky jsou např.:

- Výrobce přijme opatření, aby zabránil vytváření výbušného prostředí, které by mohlo vzniknout v samotných zařízeních nebo ochranných systémech.
- Zařízení a ochranné systémy musí být navrhovány a vyráběny po náležité analýze možných provozních poruch tak, aby byly pokud možno vyloučeny nebezpečné situace. Nutno brát v úvahu jakékoli důvodně předvídatelné nesprávné použití.
- Zařízení a ochranné systémy musí být navrženy a zkonstruovány tak, aby byly schopny odolávat skutečným nebo předvídatelným podmínkám okolního prostředí.
- Ke každému zařízení a ochrannému systému musí být přiložen návod k použití.
- Zařízení a ochranné systémy musí být navrženy a provedeny tak, aby byly schopny vykonávat svou určenou funkci při plné bezpečnosti i v měnících se okolních podmínkách.
- Bezpečnostní přístroje musí fungovat nezávisle na jakýchkoli měřicích nebo ovládacích přístrojích potřebných pro provoz.
- Porucha bezpečnostního přístroje musí být detekována vhodnými technickými prostředky, pokud možno dostatečně rychle, aby bylo zajištěno, že bude jen velmi malá pravděpodobnost vzniku nebezpečných situací. Obecně je třeba uplatňovat zásadu „bezpečný při poruše“.

- V případě poruchy bezpečnostního přístroje musí být zařízení nebo ochranný systém pokud možno uveden do bezpečného stavu. [20]

Směrnice 2014/34/EU řeší požadavky na výrobce, je ale potřeba uvést i požadavky na provozovatele, které popisuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 199/92/ES.

4.1.7 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 1999/92/ES

Směrnice pojednává o minimálních požadavcích na zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců vystavených riziku výbušných prostředí. V příloze I nalezneme téma třídění míst, kde se mohou vyskytovat výbušná prostředí. Místo, kde se může vyskytnout výbušné prostředí v takovém rozsahu, že to vyžaduje zvláštní bezpečnostní opatření na ochranu bezpečnosti a zdraví dotyčných zaměstnanců, se považuje ve smyslu této směrnice za nebezpečné. [22]

Nebezpečná místa jsou tříděna do zón na základě četnosti a délky trvání výskytu výbušného prostředí. [22]

Místo, kde se výbušné prostředí skládající se ze směsi vzduchu a hořlavých látek ve formě plynů, par nebo mlhy se vyskytuje:

- Stále nebo po dlouhé období nebo často – zóna 0,
- Může se za běžného provozu vyskytnout příležitostně – zóna 1,
- Nevyskytuje se za běžného provozu, a pokud se vyskytne, trvá pouze krátké období – zóna 2. [22]

Místo, kde se výbušné prostředí ve formě mraku hořlavého prachu ve vzduchu vyskytuje:

- Stále nebo po dlouhé období nebo často – zóna 20,
- Může se za běžného provozu vyskytnout příležitostně – zóna 21,
- Nevyskytuje se za běžného provozu, a pokud se vyskytne, trvá pouze krátké období – zóna 22. [22]

„Běžným provozem“ se rozumí situace, kdy se zařízení používají v rámci nastavených parametrů. [22]

Příloha II část A se věnuje organizačním opatřením a ochranným opatřením proti výbuchu. Jsou zde uvedena např. tato ochranná opatření:

- Jakýkoli únik nebo uvolnění, záměrné či náhodné, hořlavých plynů, par, mlhy nebo hořlavého prachu, které mohou vyvolat nebezpečí výbuchu, musí být vhodně nasměrovány či vyvedeny do bezpečného místa, a není-li toto možné, bezpečně izolovány či zajištěny jiným vhodným způsobem.
- Zaměstnanci musí být v případě potřeby varováni optickou nebo zvukovou signalizací a odvoláni z místa ještě před tím, než nastanou podmínky pro vznik výbuchu.
- Před prvním použitím pracoviště, které obsahuje místa, kde se mohou vyskytnout výbušná prostředí, musí být prověřeno jeho celkové zabezpečení

proti výbuchu. Musí být dodržovány veškeré podmínky nezbytné pro zajištění ochrany proti výbuchům. [22]

Část B jmenuje kritéria výběru zařízení a ochranných systémů. V uvedených zónách se musí používat zejména následující kategorie zařízení za předpokladu, že jsou vhodné pro plyny, páry, mlhu nebo prach:

- v zóně 0 nebo zóně 20 pro zařízení kategorie 1,
- v zóně 1 nebo zóně 21 pro zařízení kategorie 1 nebo 2,
- v zóně 2 nebo zóně 22 pro zařízení kategorie 1, 2 nebo 3. [22]

4.1.8 Nařízení vlády č. 191/2022 Sb.

Toto nařízení pojednává o vyhrazených technických plynových zařízeních a požadavcích na zajištění jejich bezpečnosti, zpracovává příslušné předpisy Evropské unie. Pro účely tohoto nařízení se rozumí:

- Plynem je jakákoli látka, která je při 1,013 baru a +20 °C zcela v plynném stavu nebo má tlak par větší než 3 bary při +50 °C; za plyn se považuje i směs plynů splňující kritéria podle části věty před středníkem.
- Uvedení vyhrazeného plynového zařízení do provozu je okamžik, kdy byl zahájen provoz.
- Průvodní dokumentací je soubor konstrukční, projektové dokumentace a dokumentace pro montáž a opravy.
- Zařízením pro vypouštění hasebních plynů je beztlaké potrubí s otevřeným koncem.
- uvolnitelným objemem parametr charakterizující míru nebezpečnosti zařízení s hořlavými plyny v případě jeho havárie. [23]

Pro účely tohoto nařízení se plyny rozdělují podle způsobu použití na:

- Topný plyn, který se využívá k produkci tepla spalováním pro otop, technologické ohřevy, přípravu teplé vody, přípravu potravin, pro výrobu mechanické práce, pro pohon vozidel a pro výrobu elektrické energie.
- Technický plyn, který je používán k jiným účelům než plyn topný. [23]

Pro účely tohoto nařízení se plyny dále rozdělují podle svých charakteristik na:

- hořlavé, nehořlavé hoření podporující a nehořlavé inertní,
- dýchací, nedýchací, toxické, dráždivé, dusivé a žíravé,
- lehčí nebo těžší než vzduch. [23]

Vyhrazená plynová zařízení řadíme do několika skupin, pro tuto práci je důležitá následující skupina G, do které spadají zařízení pro spotřebu plynů spalováním včetně stabilních plynových motorů ve strojovnách nebo v kotelnách. Ve skupině G nám k dosavadním G1, G2 a G3 přibyla nová podskupina G4, což jsou spalovací motory na plyn (například kogenerační jednotky či bioplynové stanice). [23]

Vyhrazená plynová zařízení řadíme do tříd I. a II. Do I. skupiny jsou zařazena zařízení pro spotřebu plynů spalováním s jednotlivým výkonem vyšším než 3,5 MW. [23]

Požadavky na odbornou způsobilost revizního a zkušebního technika a ověřování jejich odborné způsobilosti

Činnosti zajišťované revizním technikem:

- Provádí revize, zkoušky a vyhodnocuje zkoušky vyhrazených plynových zařízení podle zákona, a to řádně a v souladu s právními předpisy k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, vyhotovuje zprávu o revizi nebo záznam o zkoušce
- Samostatně provádí montáž za účelem provedení zkoušek a měření na zařízení pro rozvod plynů do 0,05 baru včetně a u spotřebičů s jednotlivými tepelnými výkony nižšími než 50 kW.
- Zpracovává nebo ověřuje a potvrzuje svým podpisem písemný technologický postup revize nebo zkoušky.
- Navrhuje na základě výsledku revize opatření k odstranění zjištěných nedostatků včetně termínu odstranění a také navrhuje okamžité odstavení vyhrazeného plynového zařízení z provozu v případě, že zařízení bezprostředně ohrožuje život, zdraví a bezpečnost osob, majetek nebo životní prostředí. [23]

Činnosti zajišťované zkušebním technikem:

- Smí provádět a vyhodnocovat zkoušky vyhrazených plynových zařízení podle zákona, a to řádně a v souladu s právními předpisy k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Na základě výsledku zkoušky může doporučit zkoušené vyhrazené plynové zařízení k uvedení do provozu.
- Provádí samostatně zkoušky nebo montáž vyhrazeného plynového zařízení za účelem provedení tlakových zkoušek na zařízení pro rozvod plynů do 0,05 baru včetně a dále u zařízení pro spotřebu plynů spalováním s jednotlivými tepelnými výkony nižšími než 50 kW; u ostatních zařízení i jiných skupin je provádění a vyhodnocování tlakových zkoušek zkušebním technikem podmíněno dosažením znalostí a odborné způsobilosti v souladu s požadavky výrobců těchto zařízení.
- Zpracovává písemný technologický postup zkoušky nebo záznam o zkoušce v souladu s právními a ostatními předpisy k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. [23]

Při provádění montáží a oprav vyhrazeného plynového zařízení musí být dodržovány právní a ostatní předpisy k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a případné specifické požadavky výrobce na způsobilost osob provádějících montáž nebo opravu vyhrazeného plynového zařízení. Za montáž se považuje rovněž servis. [23]

Požadavky na bezpečnost provozu vyhrazených plynových zařízení

- Vyhrazené plynové zařízení lze provozovat až po provedení všech předepsaných revizí a zkoušek prokazujících, že jeho technický stav je v souladu s právními a ostatními předpisy k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- Provozovatel vyhrazeného plynového zařízení je po dobu jeho provozu povinen zajistit bezpečný a spolehlivý provoz zařízení tak, aby se nestalo

příčinou ohrožení života, zdraví a bezpečnosti osob, majetku nebo životního prostředí.

- Místním provozním řádem je předpis, který stanovuje pro místní podmínky zejména postupy pro provoz, kontrolu a údržbu vyhrazeného plynového zařízení a který je zpracován v souladu s právními a ostatními předpisy k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. [23]

4.2 Technické normy

Technická norma ČSN je odborně kvalifikovaný předpis stanovující parametry nebo vlastnosti materiálů, výrobků nebo pracovních postupů. Normy umožňují například výměnu výrobků nebo zaměnitelnost součástí, významně se tak podílejí na zlepšení hospodárnosti výroby i bezpečnosti výrobků a přispívají tak i k ochraně spotřebitele. Technické normy ČSN vydává Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Od konce 20. století se státní normy ČSN podřizují normám mezinárodním, které jsou vydávány evropskými nebo světovými organizacemi (ISO, IEC, EN a další). [24]

Normy lze rozlišovat dle obsahu, který určuje účel jejich použití např.: terminologické, základní, zkušební, normy výrobků, bezpečnostní předpisy atd. [24]

Při konstrukci a používání průmyslové plynové pece musíme brát ohled zejména na bezpečnostní požadavky. Bezpečnostní normy dělíme na 3 typy, typ A, B a C. [24]

Základní bezpečnostní normy typu A stanovují základní pravidla, konstrukční principy, terminologii a obecné faktory, které se vztahují na veškerá strojní zařízení. Do této skupiny patří norma ČSN EN ISO 12100, ze které vychází i proces posouzení všech rizik. [24]

Obecné bezpečnostní normy typu B řeší bezpečnost z určitého hlediska nebo se zabývají jedním konkrétním bezpečnostním prvkem. Normy typu B dále dělíme na dvě podskupiny B1 a B2. Podskupina B1 je zaměřena na konkrétní bezpečnostní faktory např.: bezpečné vzdálenosti, bezpečné umístění ochranných prvků nebo bezpečnost elektrických zařízení. Podskupina B2 ošetřuje konkrétní bezpečnostní prvky a zařízení např.: požadavky na konstrukci nouzových tlačítek pro zastavení zařízení, ochranných krytů nebo dvouručního ovládání. [24]

Normy typu C určují konkrétní požadavky pro jednotlivý stroj nebo skupinu strojů. Obvykle se zde jedná buď o zařízení velmi náročných podmínek (výbušné prostředí, velmi čistá / hygienická prostředí, prostředí s radiací apod.), nebo o speciální stroje a konstrukce. Mají přednost před normami typu A i B. Patří sem např. norma ČSN EN ISO 10218-1. [24]

4.2.1 Harmonizované normy

Harmonizované normy jsou technické normy, které byly vytvořeny na základě evropských předpisů a přijaty Evropským výborem pro normalizaci (CEN), Evropským výborem pro elektrotechnickou normalizaci (CENELEC) nebo Evropským telekomunikačním normalizačním institutem (ETSI). Evropské normy se stávají harmonizovanými až po oznámení v Úředním věstníku EU (OJEU) k danému předpisu.

Jsou vytvořeny na základě žádosti Evropské komise adresované jedné z těchto organizací. Výrobci, jiné hospodářské subjekty nebo orgány posuzování shody mohou harmonizované normy používat k prokázání toho, že výrobky, služby nebo procesy jsou v souladu s příslušnými právními předpisy EU. Používání těchto norem je dobrovolné, výrobci atd. si mohou zvolit jiné technické řešení k prokázání souladu se závaznými právními požadavky. I když tyto přílohy nejsou normativní, ale pouze informativní, z hlediska plnění požadavků směrnice jsou závazné, zejména pokud jde o opatření výrobku označením CE. Výše zmíněná norma ČSN EN ISO 12100 patří mezi harmonizované normy a bude jí dále věnována pozornost. [25]

4.2.2 ČSN EN ISO 12100:2011

Hlavním účelem této mezinárodní normy je vybavit konstruktéry souhrnným systémem a návody pro rozhodnutí při vývoji strojních zařízení, které umožní konstrukci strojů tak, aby byly bezpečné při jejich předpokládaném používání. Norma také pomáhá při vypracování norem typu B a C. Specifikuje základní terminologii, zásady a metodologii pro dosažení bezpečnosti při konstrukci strojního zařízení, dále specifikuje zásady posouzení a snižování rizika jako pomoc konstruktérům k dosažení tohoto cíle. Tyto zásady jsou založeny na znalosti a zkušenosti z konstrukce, používání, nehod, úrazů a rizik u strojních zařízení. Popisuje také postup pro identifikaci nebezpečí a pro odhad a hodnocení rizika včetně návodu na dokumentaci a ověřování procesu posouzení rizika a jeho snížení. [26]

Tato mezinárodní norma byla vypracována na základě mandátu uděleného CEN Evropskou komisí a Evropským sdružením volného obchodu za účelem poskytnutí prostředků zajištění shody se základními požadavky směrnice 2006/42/ES. [26]

K realizaci posouzení rizika a snížení rizika musí konstruktér brát v úvahu následující činnosti v uvedeném pořadí:

- určit mezní hodnoty strojního zařízení, které zahrnují předpokládané používání a jakékoliv předvídatelné nesprávné použití,
- identifikovat nebezpečí a příslušné nebezpečné situace.
- odhadnout riziko pro každé identifikované nebezpečí a nebezpečnou situaci.
- zhodnotit riziko a rozhodnout o nutnosti snížení rizika,
- vyloučit nebezpečí nebo snížit riziko spojené s nebezpečím ochrannými opatřeními. [26]

Posouzení rizika je řada logických kroků, umožňujících systematickým způsobem analyzovat a zhodnotit rizika spojená se strojním zařízením. Posouzení rizika je následováno snížením rizika, pokud je to nutné. [26]

Posouzení rizika zahrnuje analýzu rizika a zhodnocení rizika. Analýza rizika se skládá ze tří po sobě jdoucích kroků: určení mezních hodnot strojního zařízení, identifikaci nebezpečí, odhad rizika. [26]

Určení mezních hodnot strojního zařízení: musí se určit pro všechny životní fáze strojního zařízení, tudíž musejí být identifikovány vlastnosti a výkonnost stroje nebo řady strojů v integrovaném procesu. Nutností je vymezení používání zařízení (např. provozní režimy, předvídatelné nesprávné použití – úroveň zácvičku osob), vymezení prostoru (např. rozsah pohybu), vymezení doby (intervalu údržby a vymezení životnosti strojního zařízení). [26]

Identifikace nebezpečí: základním krokem při posouzení rizika u každého stroje je systematická identifikace rozumně předvídatelného nebezpečí, nebezpečných situací nebo nebezpečných událostí ve všech fázích životního cyklu stroje. Pro identifikaci nebezpečí je nutné přihlédnout k vzájemnému působení člověka a stroje během celého životního cyklu stroje, možným stavům stroje a nepředpokládanému chování obsluhy nebo předvídatelnému selhání stroje. [26]

Odhad rizika: po identifikaci nebezpečí musí být pro každou nebezpečnou situaci proveden odhad rizika. K tomu slouží prvky rizika, které určujeme dle tabulek, dle kterých hodnotíme nejdříve závažnost úrazu, který může být vyvolán uvažovaným nebezpečím a pravděpodobnost výskytu tohoto úrazu, která zahrnuje množství vystavení osob nebezpečí, výskyt nebezpečné události a možnosti vyvarování se nebo omezení úrazu. [26]

Po odhadu rizika musí následovat zhodnocení rizika pro určení, zda je požadováno snížení rizika. Pro zhodnocení rizika nám slouží analýza rizik. [26]

Cíle snižování rizika může být dosaženo vyloučením nebezpečí nebo snížením závažnosti úrazu a pravděpodobnosti výskytu úrazu. Všechna ochranná opatření určená pro dosažení tohoto cíle jsou uváděna jako metoda tří kroků. [26]

Obrázek číslo 4 schematicky znázorňuje tento proces snižování rizika – metodu tří kroků.

Krok 1: Zabudovaná konstrukční bezpečnostní opatření

Zabudovanými konstrukčními bezpečnostními opatřeními jsou nebezpečí vyloučena nebo rizika snížena vhodnou volbou konstrukčních vlastností stroje. [26]

Krok 2: Bezpečnostní ochrana a/nebo doplňková ochranná opatření

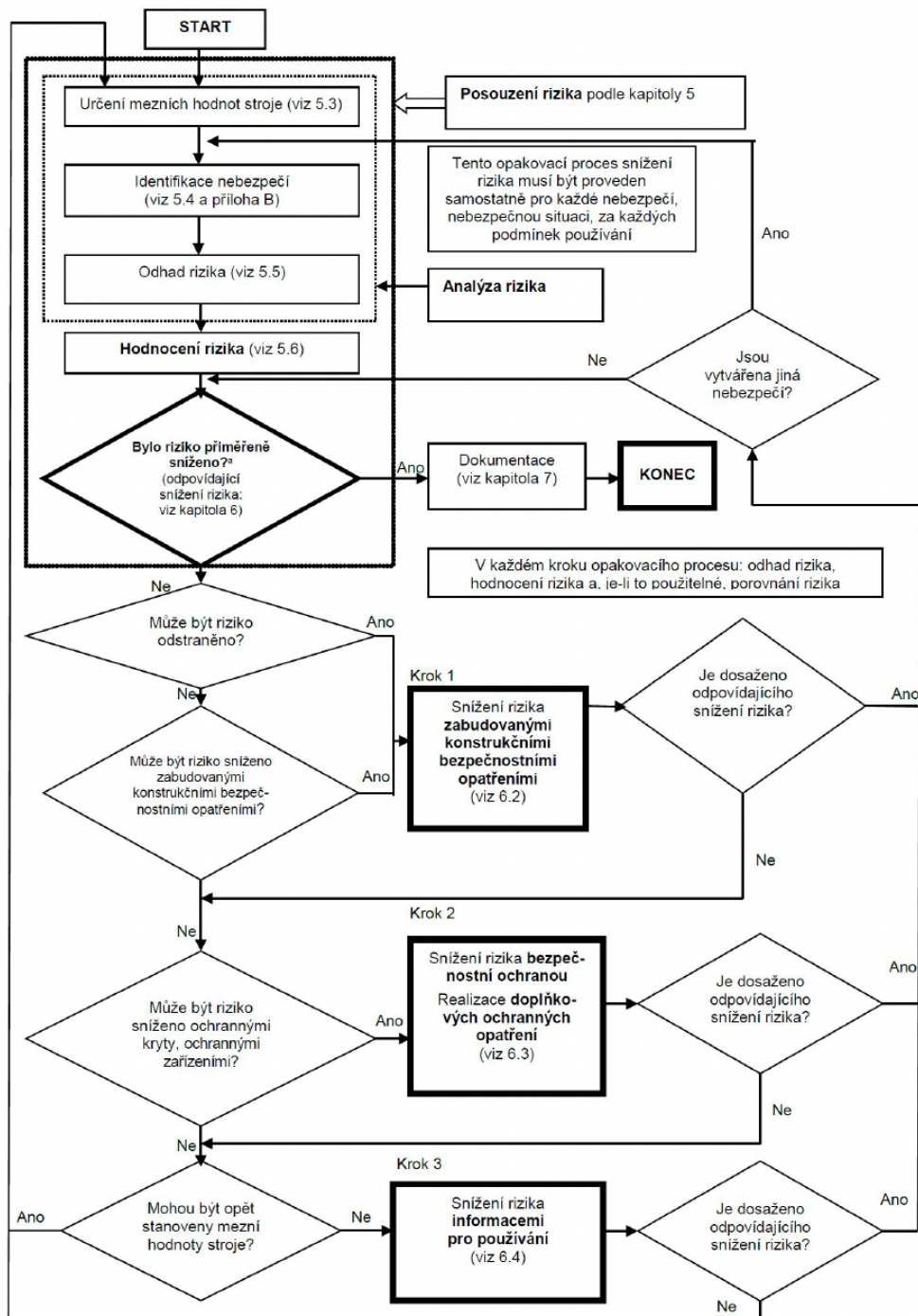
Pokud není prakticky možné vyloučit nebezpečí nebo dostatečně snížit jeho příslušné riziko zabudovanými konstrukčními bezpečnostními opatřeními, může být použita ke snížení rizika vhodně zvolená ochrana a doplňková ochranná opatření za předpokladu nesprávného použití. [26]

Krok 3: Informace pro používání

Pokud rizika zůstávají navzdory užití kroku 1 i 2, musí být zbytková rizika identifikována v informacích pro používání – návodu. [26]

Po vykonání těchto kroků následuje zhodnocení rizika. Jestliže je požadováno snížení rizika, musí být zvolena a použita vhodná ochranná opatření. Jako součást tohoto opakovacího postupu musí konstruktér kontrolovat, zda při použití nových ochranných opatření nevznikají další nebezpečí nebo se nezvyšují jiná rizika. [26]

ČSN EN ISO 12100/Opr. 1



^a Poprvé je položena otázka, jaký je výsledek pošátečního posouzení rizika.

Obrázek 1 – Schematické znázornění procesu snižování rizika včetně opakovací tří-krokové metody

Obr. 4) Schematické znázornění procesu snižování rizika včetně opakovací tří-krokové metody [27]

4.2.3 ČSN 06 3003

Norma Průmyslové plynové pece – základní ustanovení pojednává o projekci, konstrukci, výrobě, zkoušení, montáži, provozu, obsluze, údržbě, prohlídkách, zkouškách, revizích, opravách a rekonstrukcích průmyslových plynových pecí. Pro tuto bakalářskou práci je důležitá zvláště část zabývající se zabezpečovacími zařízeními. [5]

Plynové pece musí být vybaveny zabezpečovacím zařízením takové konstrukce, aby automaticky uzavřel přívod topného plynu do všech hořáků pece v těchto případech:

- při poklesu přetlaku topného plynu pod přípustnou mez,
- při poklesu přetlaku spalovacího vzduchu pod přípustnou mez,
- při stoupnutí přetlaku topného plynu nad přípustnou mez,
- při stoupnutí přetlaku spalovacího vzduchu nad přípustnou mez,
- že není zajištěn dostatečný umělý odtah nebo cirkulace spalin. [5]

Zabezpečovací zařízení nesmí při opětovném správném nastavení přetlaku topného plynu nebo vzduchu či opětovném dostatečném umělém odtahu nebo cirkulaci spalin samočinně otevřít přívod plynu. Otevření přívodu topného plynu může provést pouze obsluha pece, a to po předchozí kontrole zařízení. [5]

Po zvážení všech podmínek provozu, druhu pece, způsobu obsluhy, čistoty plynu apod. je dovoleno použít v mimořádných případech místo zabezpečovacího zařízení podle čl. 231 zařízení signální, signalizující případy požadavků čl. 231 na uzavření přívodu topného plynu. Nezbytnou podmínkou v tomto případě je však trvalá obsluha pece. [5]

4.2.4 ČSN EN 746-2

Norma Průmyslová tepelná zařízení – část 2: Bezpečnostní požadavky na zařízení ke spalování a manipulaci s palivy spolu s EN 746-1 specifikuje bezpečnostní požadavky pro jednotkové a násobné hořáky, které jsou součástí/částí průmyslového tepelného zařízení. Tento dokument pojednává o významných nebezpečích, nebezpečných situacích a událostech týkajících se spalování a systémů manipulace s palivy, pokud jsou použity dle předpokladu a dle podmínek výrobce. [28]

Plynná paliva

Konstrukce plynového potrubí musí brát v úvahu složení a vlastnosti plynného paliva, požadavky na provětrání, odplyňování a čištění. Kov je preferovaný materiál pro trubky a komponenty. [28]

Spoje plynového potrubí musí být kovové a mohou být závitové, lisované, přírubové nebo svařované. Konstrukce potrubí musí být taková, aby předcházela tahovému napětí ve spojích. Jakákoliv trubka procházející nevětraným prostorem nesmí mít spojení kromě svařovaných spojů. Plynové potrubí musí být těsné a musí být navrženo k odolání vnitřnímu tlaku. Musí být zajištěny prostředky k usnadnění odvodu plynného systému při provozu i údržbě k zabránění torby hořlavých látek. [28]

Regulátor tlaku plynu musí být zabudován tam, kde je to nezbytné pro řízení tlaku a průtoku. [28]

Zařízení vybavené hořákem (hořáky) s nuceným nebo buzeným tahem musí být vybaveno zařízením pro ověření dostatečného proudění vzduchu během provětrání, zapálení a provozu hořáku. [28]

Zařízení musí být chráněno proti nízkému i vysokému tlaku plynu. [28]

Spaliny musí být odváděny bezpečným způsobem. IThE s uzavřenou spalovací komorou nebo spalovací komorou s nejméně třemi okolními stranami musí být vybaven odtahovým systémem. Pokud jsou spaliny odváděny ventilátorem nebo je odtah řízen tlumičem, musí být systém vybaven bezpečnostním zařízením, které uskuteční bezpečnostní vypnutí hořáku (hořáků) nebo přepne na záložní systém v případě selhání odtahu spalin. Všechna zařízení s hořáky v IThE, která jsou dodávána bez odtahového systému spalin, musí spaliny směřovat mimo pracoviště. [28]

V případě, že k selhání hořáku (hořáků) dojde při spuštění, v bezpečnostní době, hořák se vypne a je možno cyklus opakovat v souladu s požadavky na ochranný systém. V případě, že dojde k selhání hořáku (hořáků) za provozu, musí dojít k vypnutí. V některých případech je povolen jeden opakovací cyklus. V každém spalovacím systému musí být míra snížení výkonu taková, aby hořák (hořáky) byl za všech podmínek hoření zcela stabilní. [28]

Každý hořák s otevřeným ohněm se jmenovitým tepelným příkonem nad 70kW musí být vybaven automatickým kontrolním systémem hořáků splňujícím technické požadavky EN 298 nebo EN 125. [28]

Požadavky na ochranný systém

Ochranný systém je soubor vybavení, jednotek a bezpečnostních obvodů, jejichž hlavním účelem je ochrana zaměstnanců, majetku a životního prostředí. Ochranný systém zahrnuje všechny komponenty potřebné k uskutečnění bezpečnostní funkce, jako jsou senzory monitorující související bezpečnostní parametry, zařízení pro přerušování toku paliva, ventilace pecního prostoru a ochrana topného systému. [28]

Jestliže selhání nebo poruchy ochranného systému mohou způsobit nebezpečnou situaci nebo poškození stroje nebo výrobku, musí být přijata vhodná opatření ke snížení pravděpodobnosti výskytu těchto selhání nebo poruch. [28]

Ztráta elektrické energie u IThE má za následek vypnutí. Jakékoliv opakované spuštění musí být zahájeno pouze ručním zásahem. Použije se pořadí spuštění a zapalování. [28]

Provozní příručka

Provozní příručka musí obsahovat informace o každém zvláštním opatření nutném před vypnutím přívodu paliva, např. odstranění nebo spálení výbušných atmosfér, a po vypnutí přívodu paliva, např. nepřetržité provětrávání, aby bylo zabráněno přehřátí nebo zablokování spalinových hradítek v otevřené pozici, spolu s popisem opatření, která musí být provedena v případě bezpečnostního vypnutí. [28]

Provozní příručka musí obsahovat upřesnění pro intervaly údržby a postupy pro všechny součásti, které vyžadují údržbu, výměnu a/nebo opravu částí zabezpečovacího

zařízení. Stanoví vhodné metody čištění a přípravky pro čištění kyslíkových systémů. [28]

Bohužel norma ČSN EN ISO 13577-2 Průmyslové pece a přidružená zařízení – Bezpečnost – Část 2: Zařízení ke spalování a manipulaci s palivy, která by mohla bezpečnost průmyslových plynových pecí přiblížit více, bude vydána až v červnu letošního roku, proto pro tuto bakalářskou práci musí postačit výše popsaná norma. [28]

4.3 Shrnutí

Provoz průmyslové plynové pece podléhá řadě legislativních požadavků z hlediska jeho konstrukce i jeho obsluhy, jak můžeme vidět v předchozí podkapitole. Největší důraz je kladen na bezpečnost při práci, kterou popisuje zejména zákon č. 262/2006 Sb. a doplňuje ho zákon č. 309/2006 Sb. Tyto dva zákony pojednávají o bezpečných podmínkách, které musí být splněny pro výkon práce. Bezpečnosti se věnují i zmíněné vyhlášky, které popisují bezpečnostní požadavky konkrétně na průmyslové pece. Nedílnou součástí podkapitoly musela být i Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES, která definuje obecné základní požadavky na ochranu zdraví a na bezpečnost strojních zařízení, jež musí výrobce u svých výrobků splňovat. Jelikož při provozu průmyslové plynové pece může hrozit exploze, bylo nutností zmínit i Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2014/34/EU, která se týká právních předpisů členských států týkajících se zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu. Důležité je řešit nejen požadavky na provozovatele, ale i na výrobce, proto je uvedena i směrnice Evropského parlamentu a Rady 199/92/ES.

Na strojní zařízení jako je průmyslová plynová pec se vztahují i technické normy. Nejdůležitější je norma ČSN EN ISO 12100:2011, jejíž hlavním účelem je vybavit konstruktéry potřebnými dokumenty pro rozhodování při vývoji, aby konstrukce strojů byla bezpečná při jejich předpokládaném použití. Konkrétně průmyslovým plynovým pecím se věnuje norma ČSN 06 3003, která popisuje např. její konstrukci, provoz, obsluhu a pro tuto bakalářskou práci nejdůležitější část zabezpečovacího zařízení. Jelikož plynová pec funguje na principu spalování paliva, musí být plynové pece ošetřeny i normou ČSN EN 746-2, ta specifikuje bezpečnostní požadavky pro jednotkové a násobné hořáky, které jsou součástí/částí průmyslového tepelného zařízení.

Jak si můžeme povšimnout, průmyslová plynová pec jako strojní zařízení je ošetřena řadou legislativních předpisů a norem odkazujících se na bezpečnost. Zásadou je upřednostnit ochranu zdraví a bezpečnost pracovníků před finančními zájmy.

5 HAVÁRIE

Pro identifikace nebezpečí je důležitá i rešerše v oblasti havárií průmyslových plynových pecí. V této kapitole budou popsány vybrané havárie, jejichž příčinou byla nejčastěji lidská chyba či nezodpovědnost, nedbalost při údržbě komponent plynové pece či nedodržení technologického postupu. Díky databázím o průmyslových haváriích se mohou provozovatelé poučit z chyb a v budoucnu tak předejít nežádoucí havárii.

5.1 Geleen, Nizozemsko, duben 2003

V chemickém závodě vyrábějícím melamin došlo k náhodnému výbuchu při opětovném spuštění průmyslové pece poháněné zemním plynem a zbytkovým plynem z jiných jednotek. [29]

Areál Chemelot se nachází na jihu Nizozemska, v provincii Limburg, severně od Maastrichtu. Jedná se o druhý největší chemický komplex v Nizozemsku. Chemelot se skládá z několika výrobních závodů, které vyrábějí plasty, léčiva a dalších produkty. Tento závod je tvořen velkou průmyslovou plynovou pecí, která je poháněna zemním plynem a zbytkovými plyny z jiných závodů v areálu. Tyto zbytkové plyny jsou kontaminované, a proto musí být před použitím filtrovány přes filtry, které se musí pravidelně čistit, což znamená odstavení pece a její opětovné spuštění po vyčištění filtrů. [29]

Vypnutí a opětovné spuštění pece je zdlouhavý proces, při kterém musí pec vychladnout, než ji lze znovu spustit. Opětovné spuštění musí být provedeno postupně, počínaje pilotními hořáky, poté lze spustit hlavní hořáky. Při opětovném spuštění se pec naplnila hořlavou směsí plynu a vzduchu, která byla pravděpodobně zapálena chybnou jiskrou z ventilátoru spuštěného obsluhou. [29]

Jak již bylo řečeno, zastavení a opětovné spuštění pece byla zdlouhavá procedura, která trvala přibližně 24 hodin. Během této doby byla výroba v závodě zastavena, což způsobilo značné výrobní i finanční ztráty. Ve snaze zkrátit dobu přerušení provozu vymysleli provozovatelé závodu rychlejší postup opětovného spuštění pece, čímž ignorovali předepsané bezpečnostní postupy. Tento rychlejší postup, který byl použit již dříve, vedl k naplnění pece stechiometrickou (výbušnou) směsí plynu a vzduchu. Tato výbušná směs se vznítla pravděpodobně náhodnou jiskrou, která vyšla z elektrického ventilátoru spuštěného chvíli před výbuchem jedním z pracovníků obsluhy. [29]

Exploze způsobila odhození víka pece, na kterém pracovala posádka údržby. Víko spadlo do pece i s posádkou, která na něm stála. V okamžiku nehody prováděly tři osoby na víku pece údržbářské práce. Teplota v peci byla stále 350°C a všichni tři tragicky zahynuli. [29]

Při analýze sledu událostí je zřejmé, že ve snaze urychlit postup došlo k nedodržení bezpečnostních opatření, která měla zabránit naplnění pece výbušnou směsí plynu a vzduchu. [29]

Škody na zařízeních a ztráty ve výrobě se odhadují na několik milionů eur. Na obrázku číslo 5 můžeme vidět fotografii chemického závodu po explozi. [29]



Obr. 5) Chemický závod po explozi ve městě Geleen [29]

5.2 Fraisses, Francie, únor 2005

V závodě na výrobu válců a obručí pro kontinuální odlévání hliníku došlo 1.2.2005 v 6:40 hodin k explozi zemního plynu a vzniku požáru v pracovních a výrobních prostorách haly. Byli přivoláni hasiči, kteří z bezpečnostních důvodů uzavřeli oblast a evakuovali 110 zaměstnanců. Požár se jim podařilo uhasit a provoz závodu byl pozastaven. Místní plynárenská společnost přerušila dodávku plynu do areálu a inspektorát pro vyšetřování nebezpečných zařízení zahájil vyšetřování. [30]

Přibližně 20 vzorků půdy odebraných v okolí místa nehody prokázalo přítomnost plynu v koncentracích přesahujících dolní mez výbušnosti (LEL). Vnitřní plynovodní síť v areálu byla nadzemní až na výjimku 30 metrů dlouhého úseku, kdy se potrubí nacházelo pod zemí v hloubce 0,5 metru. Toto potrubí bylo vyrobeno z oceli a vedlo podél prostor zničených výbuchem a také pod základy objektu, který byl postaven během předchozího roku. [30]

Předpokládanou příčinou byla netěsnost tohoto podzemního úseku, který byl po několikaměsíční odstávce uveden do provozu teprve před třemi týdny. V následujících dnech se tento předpoklad potvrdil. Za přítomnosti soudního znalce byla provedena zkouška potrubí. Při tlaku 3,2 baru byla v podzemním úseku objevena trhлина dlouhá 1 cm. Exploze nastala ve chvíli, kdy jeden ze zaměstnanců zapaloval plynovou pec, ta explodovala zřejmě právě kvůli této skryté trhlině. Zaměstnanec při výbuchu utrpěl popáleniny 2. a 3. stupně a musel být hospitalizován. [30]

Provozovatel přerušil používání tohoto segmentu a nainstaloval na různých místech detektory plynu. Dva dny po nehodě klesly koncentrace plynu pod hodnotu LEL, což přesvědčilo hasiče, aby monitorovací činnost ukončili. [30]

Po kontrole na místě odborník schválil znovu zahájení činnosti v závodě. Inspekce navrhla, aby inspektorát vydal příkaz, kterým nařídí odstranění podzemního úseku potrubí, likvidaci trosk po havárii, monitorování přítomnosti plynu v zemi, kontrolu plynové sítě závodu pomocí zkoušek propustnosti a měření tloušťky, ověření elektrického vedení středního napětí procházejícího nad zničeným areálem a kontroly prováděné na zásobníku dusíku, který se rovněž nachází v blízkosti místa výbuchu. [30]

Provozní ztráty byly odhadnuty na 450 tisíc eur. [30]

5.3 Weifang, Shandong, Čínská lidová republika, prosinec 2017

Dne 19. prosince 2017 došlo k výbuchu ve výrobním závodě společnosti Shandong Rike Chemical Co. Ltd. ve městě Weifang v provincii Shandong, která si vyžádala sedm mrtvých a čtyři zraněné. Výrobní závod přešel z uhlí na plyn. Po přechodu z uhelné horkovzdušné pece na plynovou horkovzdušnou pec bez formálního návrhu a kontroly došlo k úniku plynu do sušicího systému a výbuchu. [31]

5.4 Köln, Německo, srpen 2018

Ve městě Kolín nad Rýnem v Německu došlo 22. srpna 2018 v závodě na výrobu sirouhlíku k úniku sloučenin síry. [32]

V zařízení na výrobu disulfidu uhlíku (CS₂) neboli v reakční peci číslo 1 došlo k prasknutí potrubí. Kvůli tomu se začal spalovat zemní plyn, síra a sirouhlík a uvolňoval se oxid siřičitý. V důsledku toho expandoval zemní plyn, síra a sirouhlík pod tlakem přibližně 6 barů do komory pece vytápěné hořáky na zemní plyn a tam shořel. Zvýšení tlaku v reakční peci 1 způsobilo krátký únik plamenů, které poškodily kabel a také způsobily vypnutí reakční pece číslo 2. Uvolněné látky v reakční peci shořely a vysokým výfukovým komínem unikly do okolního ovzduší. Oblak složený z oxidu siřičitého (SO₂), sirovodíku (H₂S) a malého množství CS₂ se pohyboval směrem k břehu Rýna, kde si ho všimli tamní obyvatelé a informovali hasiče. V době události byl systém provozován za běžných podmínek. Díky poklesu tlaku v reakčním potrubí byl přívod surovin zastaven automatickým uzavřením ventilů. Pec byla kontrolovaně odstavena za stanovených podmínek a zasažené části zařízení byly následně propláchnuty. [32]

Potrubí v reakčních pecích podléhá zvláštní formě vysokoteplotní koroze. Jak bylo v minulosti testováno, nelze se jí při tomto procesu vyhnout. Znalec tuto událost prošetřil a po zkoušce materiálu se ukázalo, že stávající technický postup měření tloušťky trubek pece a jeho provádění vedly k nesprávným interpretacím. Do budoucna musí být zajištěna dostatečná kontrola vysokoteplotní koroze důkladnějším měřením. [32]

Škody byly vyčísleny na 465 tisíc eur. [32]

5.5 Rai, Francie, březen 2021

Ve městě Rai 12.3.2021 v 18.30 hodin, došlo k výbuchu v peci při zvedání jejího zvonu, v hutním podniku na zpracování mědi, na konci chladicího procesu. Technik, který měl zvedání na starosti, byl zasažen aerosolem, který ho popálil v obličeji. Pracovníci odpojili zdroje energie a přivolali hasiče, kteří na místo dorazili v 19.04 hodin, zajistili prostory, prohlédli budovy a změřili koncentraci zemního plynu. Prostory dílny byly uzamčeny. [33]

Pec používala směs vodíku a dusíku: 75 % vodíku + 25 % dusíku. Toto míchání probíhalo mimo budovu. Inertizace této pece byla provedena čistým dusíkem. V dílně bylo přítomno množství plynu, které obsahoval zvon pece a potrubí (10 m³). K události došlo na konci procesu chlazení, po ukončení inertizace pece. Podle odborníků byla příčinou výbuchu pravděpodobně přítomnost malého množství vodíku, který zůstal ve zvonu. Vývěva však fungovala normálně. Při simulaci podmínek havárie se postupně objevilo několik technických problémů, které by mohly vysvětlit zbytkovou přítomnost

vodíku v době havárie. Tyto problémy byly identifikovány, opraveny a kontrolovány. Pro opětovné spuštění byla naplánována další opatření v oblasti dohledu. [33]

Aby provozovatel zabránil další takové nehodě, udělal několik opatření: přestal používat vodík na místě, zcela inertoval potrubí i zvony a odstranil zásoby vodíku. [33]

Pec by nadále pracovala pouze s dusíkem a zemním plynem. Byl aktualizován návod k použití. Na 2 pecích byla provedena další vylepšení v souladu s doporučeními výrobce. [33]

5.6 Haybes, Francie, říjen 2021

Dne 19.10.2021 došlo k havárii pece na tavení hliníku ve městě Haybes. [34]

Kolem 13:10 hodin došlo v dílně o rozloze 1950 m² k výbuchu v peci na tavení hliníku o hmotnosti 500 kg při nabíjení (20 %) do výšky 12 m. Kovový plášť pece zadržel úlomky, ale roztavený hliník vytekl spodním výtakovým otvorem pece na podlahu. Zaměstnanec s popáleninami druhého stupně na kotníku a noze byl převezen do nemocnice. Z technických důvodů bylo 10 zaměstnanců na 4 hodiny uvolněno ze služby. Pec byla zajištěna a její plynový okruh byl uzavřen externí firmou. Pec se pod dohledem přirozeně ochlazovala. Hliník na podlaze vytvrdl a hliníkové pláty byly odvezeny k recyklaci. [34]

K incidentu došlo právě ve chvíli, kdy technik zahajoval novou tavicí operaci. Po vysypání zásobníku šrotu a tyčinek do pece a před opětovným spuštěním hořáků došlo ke dvojnásobnému výbuchu. Zaměstnanec přestal pracovat a postupoval dle bezpečnostních předpisů k elektrickému rozvaděči, který se nacházel 2 m od pece. Technik měl kvalifikaci pro práci u tavicí pece a tuto pozici zastával více než 8 let. Dodržoval všechny pokyny. Výbuch byl zřejmě způsoben reakcí dílů v násypce při jejich tavně a selháním kelímku. [34]

V návaznosti na tuto událost změnil provozovatel řízení zásobníků šrotu a tyčinek: odstranil "vstřikovací výtluhy" (nahromadění přepadů na úrovni pístu vstřikovacího lisu). Tyto vtoky byly umístěny do recyklačního koše. Kromě toho byly tyto násypky po obvodu a na dně provrtány, aby bylo možné větrat jejich vnitřek. [34]

Pec byla nahrazena jinou o stejné kapacitě. U základny této nové pece na úrovni spodního výtoku byl vyhlouben záchytný výkop. Pokud by roztavený hliník vytékal spodním výtokem, rozlil by se do výkopu a nikoli na podlahu. [34]

5.7 Sulawesi, Indonésie, prosinec 2023

Třináct dělníků zahynulo a 46 bylo zraněno při nedělním požáru pece niklové hutě společnosti Indonesia Tsingshan Stainless Steel (ITSS) v průmyslovém parku Morowali na ostrově Sulawesi. K požáru došlo při opravě pece a instalaci ocelových plátů v neděli 23.12.2023 v 5:30 ráno místního času, při kterém zahynulo devět indonéských a čtyři čínští dělníci. Pec byla den předtím odstavena kvůli přípravě na údržbu, ale během procesu údržby vytekla z pece přebytečná železná struska. Stěny pece se poté zhroutily a zbylá železná struska vytekla ven, což způsobilo požár. Dělníci byli zraněni horkou párou ze strusky a požárem. Na místě nedošlo k žádnému výbuchu ani k výbuchu kyslíkové bomby. Požár byl uhašen v 9:10 místního času. [35]



Obr. 6) Požár pece niklové hutě společnosti Indonesia Tsingshan Stainless Steel [36]

5.8 Žebrák, únor 2024

V pondělí 5.2.2024 přibližně v 14:00 vypukl požár technologie v hale v blízkosti plynové pece určené pro výrobu automobilových dílů ve Skandinávské ulici v Žebráku. Muselo být evakuováno 191 lidí a zasahovalo několik jednotek hasičů. Objekt byl odpojen od plynu a elektřiny. Hasičům se podařilo požár lokalizovat před třetí hodinou odpoledne, mimo objekt výroby se požár nerozšířil. Nedošlo k žádnému smrtelnému zranění, jeden zaměstnanec se nadýchal kouře a skončil v péči záchranářů. Příčina požáru není zcela jasná a bude to předmětem vyšetřování, mluvčí krajských hasičů Veronika Švorcová Mocová uvedla, že příčinou je zřejmě technická závada. Škoda byla předběžně vyčíslena na 7 milionů korun. [37]

5.9 Shrnutí

Havárie průmyslových plynových pecí byly ve většině případů způsobeny nezodpovědným přístupem a nedodržením bezpečnostních předpisů nebo technologických postupů. Nedbalost při údržbě vedla ke špatnému technickému stavu součástí pece, nejčastěji plynovodního potrubí, které zkorodovalo a vznikly na něm trhliny, těmi poté unikl plyn. Unikající plyn je velmi nebezpečný zvláště v přítomnosti zařízení, jehož principem funkce je práce s ohněm a v jeho okolí se vyskytují hořlavé materiály, které mohou zapříčinit požár či explozi a následně vážná zranění nebo i usmrcení pracovníků.

6 POSOUZENÍ RIZIK DLE NORMY ČSN EN 12100:2011 A NÁVRH ŘEŠENÍ

Tato kapitola bude věnována posouzení rizik, které mohou hrozit při provozu průmyslové plynové pece jak obsluze, tak blízkému okolí. Analýza rizik bude provedena dle metod uvedených v normě ČSN EN ISO 12100. Každá analýza by měla být realizována v týmu odborníků, aby nebylo opomenuto žádné riziko. Pro úplné zanalyzování rizika tento postup není dostatečný, v praxi je nutné použít i jiné metody pro zhodnocení rizik, nebo jejich kombinaci. Bohužel autorka nemá k dispozici interní dokumenty či návod k obsluze, ani nemá odborné znalosti týkající se zařízení, proto v této bakalářské práci bude zvolen postup dle normy ČSN EN ISO 12100, který je vhodný zejména pro zařízení, které je samo o sobě hlavní příčinou rizika.

6.1 Metodický postup identifikace nebezpečí a odhadu rizika

Metodický postup sestává z 10 kroků:

1. Plánování analýzy a posouzení rizika,
2. **Systémová analýza strojního zařízení,**
3. **Určení mezních hodnot strojního zařízení,**
4. **Identifikace nebezpečí,**
5. Odhad rizika,
6. Zhodnocení rizika,
7. Návrh opatření snižujících riziko,
8. Odhad zbytkového rizika,
9. Zhodnocení rizika,
10. Informace o zbytkových rizicích. [38]

Systémová analýza strojního zařízení spočívá ve vytvoření jeho blokového diagramu, ve kterém budou znázorněny všechny jeho podstatné interakce jednotlivých prvků. V druhém kroku se pomocí blokového diagramu a normy ČSN EN ISO 12100 stanoví všechna relevantní nebezpečí spojená se strojem a určí se hlavní nebezpečné prostory stroje. [38]

Mezní hodnoty strojního zařízení zde představují limitní možnosti stroje. Rozeznáváme:

- **Limity použití** – specifikují předpokládané použití včetně různých provozních stavů stroje, fází použití a různých frekvenčních procesů během provozu. Mělo by zde být vzato v úvahu rovněž jakékoliv jeho důvodně předvídatelné nesprávné použití,
- **Prostorové limity** – určují např. rozsah pohybů a prostorové požadavky na instalaci a údržbu stroje,
- **Časové limity** – zahrnují předvídatelnou životnost stroje, beroucí v úvahu jeho zamýšlené použití, a/nebo jeho komponenty (např. opotřebení součástí). [38]

Identifikace nebezpečí

Identifikaci nebezpečí se u strojního zařízení provádí v souladu s českými technickými normami, a to pro celý životní cyklus stroje. [38]

Životní cyklus stroje zahrnuje: konstrukční činnosti; transportní činnosti; montáž, školení/programování a/nebo změnu procesu; provozní činnosti; čištění a údržbové činnosti; hledání závad a vyřazení z provozu a demontáž. [38]

Nezbytným krokem v procesu identifikace nebezpečí je určení fází životního cyklu, jimiž bude nutno se zabývat. [38]

Během identifikace budou všechna zjištěná nebezpečí zapisována do tabulek. [38]

6.2 Analýza rizika dle normy ČSN EN 12100:2011

Jak už bylo řečeno v kapitole 4.3.2, která se podrobně věnuje normě ČSN EN 12100:2011, hlavním účelem této mezinárodní normy je vybavit konstruktéry souhrnným systémem a návody pro rozhodnutí při vývoji strojních zařízení, které umožní konstrukci strojů tak, aby byly bezpečné při jejich předpokládaném používání. [26]

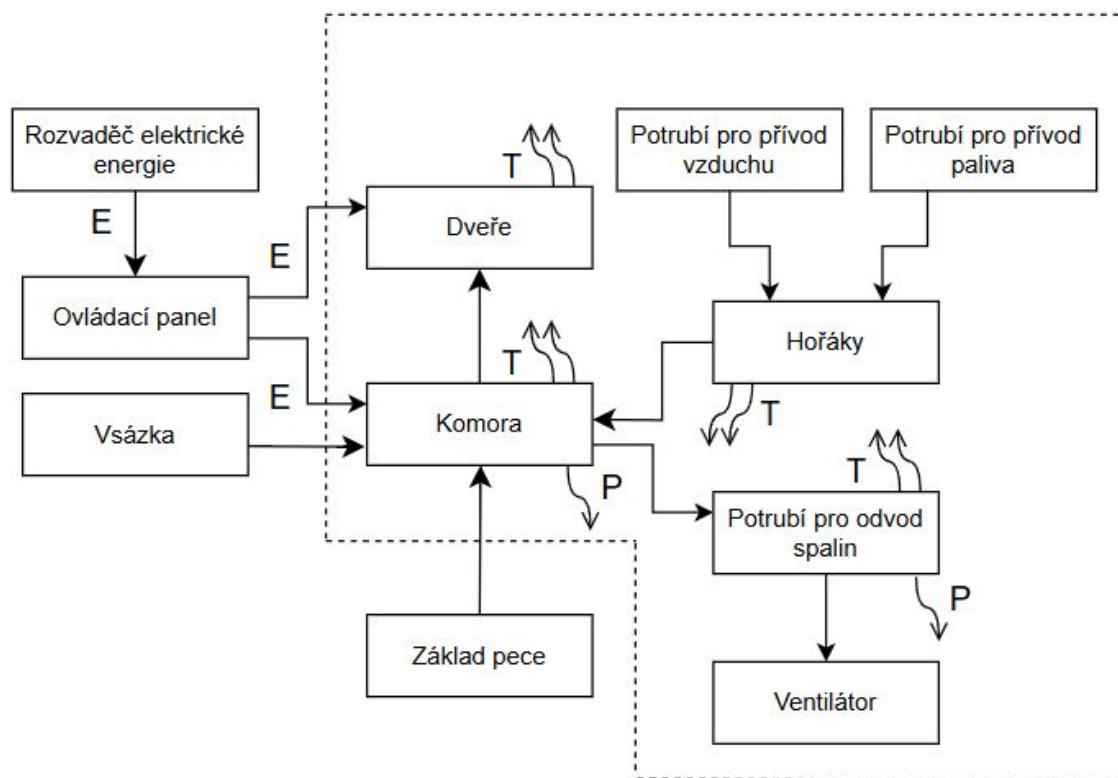
V příloze B této normy nalezneme tabulku, která dělí nebezpečí do 10 skupin:

- Mechanická,
- Elektrická,
- Tepelná,
- Hluku,
- Vibrací,
- Záření,
- Materiálů/látek,
- Ergonomická,
- Spojená s prostředím, ve kterém je stroj používán,
- Kombinace nebezpečí. [26]

Pro každou skupinu nebezpečí je v tabulce uveden zdroj a možné následky.

Před samotnou analýzou rizik průmyslové plynové pece je nutno vytvořit její blokový diagram a posoudit její mezní hodnoty. Níže můžeme vidět vytvořený blokový diagram obecné průmyslové plynové pece (viz obrázek číslo 6), ve kterém jsou uvedeny hlavní části pece i okolní komponenty a přerušovanou čarou je vyznačen pracovní prostor pece. Při analýze bude věnována pozornost jednotlivě každé části a bude k ní přiřazen typ a číslo nebezpečí pomocí tabulky číslo 3, ve které jsou všechna možná nebezpečí identifikována a očíslována dle postupu zmíněného v kapitole 6.5. Důležitou součástí je popis nebezpečné situace na základě identifikovaných nebezpečí v každé fázi životního cyklu pece, jejich stručný popis nalezneme v tabulce číslo 2.

6.2.1 Blokový diagram průmyslové plynové pece



Obr. 7) Blokový diagram průmyslové plynové pece

E – elektrická energie

T – odvod tepelné energie

P – odvod plynů

6.2.2 Mezní hodnoty průmyslové plynové pece

Jak je popsáno v normě ČSN EN ISO 12100, mezní hodnoty se musí určit pro všechny fáze životního cyklu pece. Mezní hodnoty zde představují limitní možnosti stroje nebo obsluhy, rozeznáváme následující tři typy mezních hodnot. [38]

Limity použití

Limity použití specifikují předpokládané použití včetně různých provozních stavů stroje, fází použití a různých intervenčních procesů během provozu. Mělo by zde být vzato v úvahu rovněž jakékoliv jeho důvodně předvídatelné nesprávné použití. [38]

Může se jednat o následující případy:

- Nepoužívat zařízení bez důkladného seznámení obsluhy s návodem pro jeho bezpečný provoz, obsluhu a údržbu,
- Před zahájením práce je obsluha povinná prohlédnout zařízení, zkontrolovat jeho jednotlivé části, zejména ochranná, spouštěcí a vypínací zařízení,

- Před zahájením práce se také musí ověřit, zda na funkčních částech zařízení či v dráze pohybujících se částí zařízení nepřekážely cizí předměty,
- Zařízení smí být využíváno jen k těm účelům, ke kterým je určeno. Jiná užití nejsou dovolena,
- Neotvírat ochranné kryty na zařízení za chodu, nevyřazovat ochranná zařízení z funkce, jakékoliv zásahy na zařízení provádět jen při vypnutém hlavním vypínači. [39]

Prostorové limity

Mezi prostorové limity patří například rozsah pohybů, prostorové požadavky na instalaci a údržbu stroje, interface člověk-stroj, interface stroj-přívod energie. [38]

Jedná se například o případy:

- Je nutné zajistit dostatečný pracovní a manipulační prostor a zařídit, aby do něj nevstupovaly nepovolané osoby,
- V okolí zařízení nesmějí být v nebezpečné vzdálenosti ukládány hořlavé materiály. Pokud je uložení hořlavých látek v blízkosti zařízení nutné, musí být účinně chráněny před sálajícím teplem. [39]

Časové limity

Časové limity zahrnují předvídatelnou životnost stroje, beroucí v úvahu jeho zamýšlené použití a/nebo jeho komponenty (např. nástroje, opotřebení součástí, elektrické komponenty). [38]

6.3 Zdroje nebezpečí u jednotlivých komponent stroje

Tab 1) Zdroje nebezpečí u komponent stroje

Název komponenty v blokovém diagramu	Poloha komponenty v systému	Typ nebezpečí podle normy ČSN EN 12100 (Tab 3)
Rozvaděč elektrické energie	Okolí – připojené zařízení	1.2.3 – Pád, 2.1.1 – Zasažení elektrickým proudem, 2.2.1 – Požár
Potrubí pro přívod paliva	Okolí – připojené zařízení	1.2.3 – Pád, 6.2.2 – Nebezpečí výbuchu, 6.3.1 – Nebezpečí otravy či udušení, 9.1 – Kombinace nebezpečí, 9.2 – Kombinace nebezpečí
Potrubí pro přívod vzduchu	Okolí – připojené zařízení	1.2.3 – Pád
Ovládací panel	Tělo stroje	2.1.2 – Zasažení elektrickým proudem
Hořáky	Tělo stroje	3.1.2 – Popálení, 6.5.1 – Kouř, 9.2 – Kombinace nebezpečí
Dveře	Tělo stroje	1.1.1-2 – Stlačení, 1.2.3 – Pád, 2.1.2 – Zasažení elektrickým proudem, 2.2.2 – Požár, 3.1.1 – Popálení, 3.2.1 – Nepříznivé teplotní podmínky, 5.1.1 – Nebezpečí poškození zraku, 5.2.1 – Nebezpečí popálení
Komora	Tělo stroje	1.1.1-2 – Stlačení, 1.2.3-4 – Pád, 3.1.1-2 – Popálení, 3.2.1 – Nepříznivé teplotní podmínky, 3.3.1 – Nebezpečí výbuchu, 5.1.1 – Nebezpečí poškození zraku, 5.2.1 – Nebezpečí popálení, 6.2.1-3 – Nebezpečí výbuchu, 9.4 – Kombinace nebezpečí
Základ pece	Tělo stroje	1.2.1-2 – Zakopnutí
Potrubí pro odvod spalin	Okolí – připojené zařízení	1.2.3 – Pád, 3.1.1 – Popálení, 4.1.1 – Hluk, 6.3.1 – Nebezpečí otravy či udušení
Ventilátor	Okolí – připojené zařízení	1.2.3 – Pád, 4.1.1 – Hluk, 9.1 – Kombinace nebezpečí
Vsázka	Okolí stroje	1.1.4 – Stlačení, 1.2.3, 1.2.5 – Pád, 3.1.1 – Popálení, 7.1.1 – Poškození páteře
	Tělo stroje a okolí	6.4.1 – Nepříznivé podmínky – prach, 7.1.2 – Fyzická zátěž, 7.2.1 – Zanedbání použití ochranných pomůcek, 8.1.1 – Nepříznivé podmínky v pracovním prostředí, 9.4 – Kombinace nebezpečí

6.4 Možné nebezpečné situace během životního cyklu

Tab 2) Možné nebezpečné situace během životního cyklu

ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ		
Fáze životního cyklu stroje	Typ nebezpečí (dle ČSN EN ISO 12100) a číslo nebezpečí dle tabulky 3	Popis nebezpečné události
Konstrukční činnost (tělo stroje)	1.2.6 - Pád těžkých břemen 7.1.1 - Dlouhodobé přetěžování	-Při manipulaci s těžkými a velkými částmi pece hrozí jejich pád např. na osobu, která se bude nacházet pod nimi -Zvedání těžkých břemen má nepříznivý vliv na lidskou kostru a může dojít k poškození a nevratným zdravotním potížím, někdy i s trvalými následky
Transportní činnosti	1.1.1 - Stlačení způsobené pádem součástí pece 1.2.3 - Pád součástí pece při přepravě či instalaci	-Při přepravě se mohou převrhnout součásti pece při nesprávném uchycení a stlačit část těla nebo celého člověka -Nevhodně umístěná či uchycená část pece může spadnout a zranit člověka
Montáž, instalace, uvedení do provozu	1.1.2 Stlačení způsobené pádem součástí pece 2.2.1 – Požár kabeláže	-Při montáži může dojít k převržení součástí pece a následnému stlačení části těla nebo celého člověka -Požár kabeláže (nesprávná elektroinstalace), při instalaci mohli pracovníci špatně uzemnit elektrické zařízení
Školení/programování a/nebo změna procesu	9.5 Lidská chyba	-Kvůli rozvoji kvality výroby došlo ke změně technologického postupu při provozu pece, avšak obsluha není řádně proškolená a v důsledku toho může dojít k havárii
Provozní činnosti	1.1.3 Stlačení dveřmi komory 1.1.4 Stlačení vsázkou 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4 Zakopnutí 1.2.5 Pád vsázkového materiálu	-Při otvírání či zavírání elektrických dveří komory může dojít k přivření části těla -Při vkládání vsázky na vozík, kterým zavážíme vsázkou do pece, může při neopatrné manipulaci dojít k pádu vsázky a následnému zranění -Při provozu může obsluha zakopnout o předměty ponechané na místech, kde se pohybuje

	<p>2.1.2 – Zasažení elektrickým proudem při práci s ovládáním elektrických dveří či ovládacím elektrickým panelem</p> <p>3.1.1 – Popálení z důvodu kontaktu s horkým povrchem materiálu či pece</p> <p>3.1.2 – Popálení od plamenů z pece</p> <p>3.2.1 – Nepříznivé teplotní podmínky</p> <p>3.3.1 – Nebezpečí výbuchu</p> <p>4.1.1 – Hluk</p> <p>5.1.1 – Nebezpečí poškození zraku</p> <p>5.2.1 – Nebezpečí popálení</p> <p>6.1.1 – Nebezpečí požáru</p> <p>6.2.1, 6.2.2, 6.2.3 – Nebezpečí výbuchu</p> <p>6.3.1 – Nebezpečí otravy či udušení</p> <p>6.4.1 – Nepříznivé podmínky – prach,</p> <p>6.5.1 – Kouř</p> <p>7.1.1 – Poškození páteře</p> <p>7.1.2 – Fyzická zátěž</p> <p>7.2.1 – Zanedbání použití ochranných pomůcek</p> <p>8.1.1 – Nepříznivé podmínky v pracovním</p>	<p>-Při provozu může obsluha zakopnout o materiál či jeho zbytky v okolí pece, resp. ztratit rovnováhu</p> <p>-Při vkládání vsázky do pece se musí otevřít dveře pece, která je v provozu, může hrozit zakopnutí obsluhy a následný pád do prostoru pece</p> <p>-Při manipulaci se vsázkou může hrozit její pád na část těla či člověka</p> <p>-Při porušení kabelu, který je vyveden k ovladači elektrických dveří, může dojít k zasažení elektrickým proudem, stejně tak při zkratu a dotknutí se živé části na elektrickém ovládacím panelu</p> <p>-Při manipulaci s horkou vsázkou bez ochranných rukavic by mohlo dojít k popálení kůže, stejně tak při neopatrném chování a dotknutí se horké komory či dveří</p> <p>-Při navážení vsázky do komory pece mohou šlehající plameny obsluhu popálit</p> <p>-Vzhledem k vysokým teplotám v okolí pece při provozu vznikají pro obsluhu nepříznivé podmínky, které mohou ohrozit její zdraví</p> <p>-Při provozu, kdy probíhá proces tepelného zpracování kovů pomocí plynových hořáků, se mohou uvolňovat plyny, které jsou za vysokých teplot velmi hořlavé (výbušné)</p> <p>-Odvod spalin z prostor pece pomocí ventilátoru a potrubí je hlučný a obsluha je tak vystavena nebezpečí ztráty koncentrace, ztráty sluchu či jiným fyziologickým potížím, proto je nutné použití ochranných prostředků (např. sluchátek)</p> <p>-Obsluha, která se bude nacházet v těsné blízkosti pece, si může poškodit zrak vlivem tepla, které vyzařuje z pece</p> <p>-Tepló, které z pece při provozu vyzařuje, může způsobit popálení kůže</p> <p>-Při navážení vsázky do pece, která je v provozu, šlehají z komory pece plameny, může dojít k vystříknutí kousku žhavého materiálu, který by mohl způsobit požár v reakci s jiným hořlavým materiálem či</p>
--	---	---

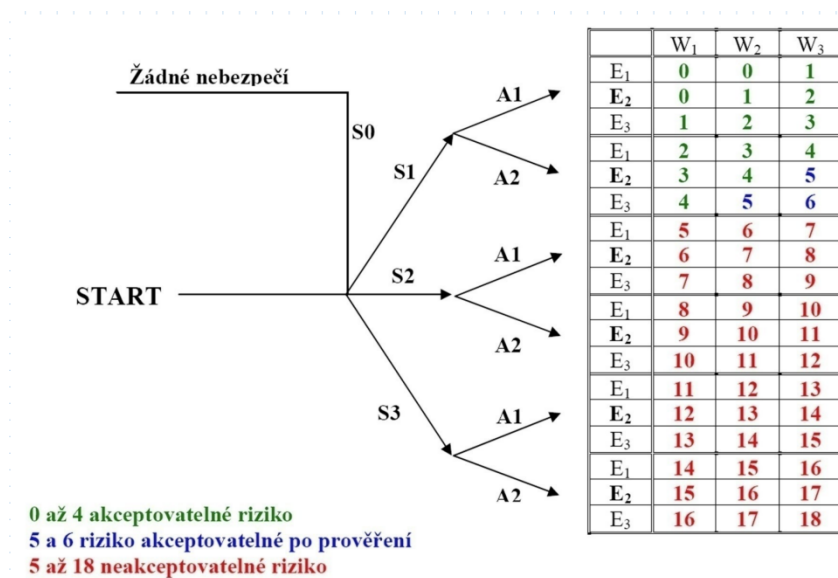


	<p>prostředí 9.1, 9.2 – Kombinace nebezpečí</p>	<p>předmětem v blízkosti pece</p> <ul style="list-style-type: none">-Při provozu pece dochází ke vzniku hořlavých plynů (např. oxid uhelnatý), které jsou výbušné a v blízkosti hořlavého či výbušného materiálu by mohly způsobit explozi-Při zapalování pece může dojít k reakci s unikajícím plynem trhlinou v plynovodním potrubí a dojít k explozi-Použití nesprávného materiálu, který může být hořlavý, je nebezpečné a mohlo by dojít k požáru či explozi, důležité je vědět přesně, jaký materiál vkládá obsluha do komory-Plyn, který je do pece přiváděn, i směs plynů, která je z pece odváděna, jsou zdraví škodlivé a mohly by způsobit obsluze dýchací potíže nebo dokonce otravu při inhalaci vyššího množství těchto nebezpečných plynů-Okolí pece je prašné prostředí, které by mohlo obsluze způsobit dýchací potíže-Při spalování plynného paliva hořáky vzniká kouř, který, kdyby nebyl odváděn komínem mimo pracovní prostory, by mohl obsluze způsobit dýchací potíže-Dlouhodobé přetěžování lidské kostry při zvedání těžkých břemen může vést k trvalým následkům, proto je důležité, aby pracovníci při manipulaci s těžkou vsázkou vždy používali zdvihací manipulační zařízení-Práce v hutnictví je fyzicky náročná, vysoké teploty a hluk mohou mít na obsluhu vyšší vliv, než si je vědoma, důležitý je dobrý fyzický stav a nepřeceňování fyzických možností-Pro bezpečnost obsluhy je důležité, aby dbala na použití ochranných pomůcek a prostředků, které mohou ochránit její zdraví, např. použitím sluchátek, ochranného oděvu, přilby či brýlí-Jelikož pracovní prostor pece je nečistý, je obsluha denně vystavována prachu a znečištění
--	---	---

		<p>-Při zanedbání údržby může vlivem koroze popraskat plynovodní potrubí, trhlinami uniká plyn, který je výbušný, a při spouštění elektrického ventilátoru může vzniknout jiskra, která plyn zapálí, a dojde k explozi</p> <p>-Součástí topného systému musí být zabezpečovací zařízení, vlivem poruchy poklesne tlak přiváděného topného plynu pod přípustnou mez a kvůli špatnému technickému stavu zabezpečovacího zařízení nedojde k uzavření přívodu topného plynu, což způsobí požár či explozi</p> <p>-V komoře pece dojde k požáru a v blízkosti pece je skladován hořlavý či výbušný materiál (např. kyslíkové bomby), důležité je dbát na správné skladování materiálu, zvláště hořlavého, na vhodných místech, ne v blízkosti pece, aby se zabránilo vzniku takové situace</p>
Čištění a údržbové činnosti	<p>3.1.1 – Popálení z důvodu kontaktu s horkým povrchem materiálu či pece</p> <p>9.3 – Kombinace nebezpečí</p>	<p>-Kvůli časovým, resp. finančním ztrátám, které provozovatelé hodnotí jako nepřijatelné, jsou údržbové či opravářské práce prováděny v peci, která je stále horká, a může tak hrozit popálení</p> <p>-Lidská chyba může být způsobená i stresem, čištění či opravy pece jsou časově náročné a dochází kvůli nim k finančním a výrobním ztrátám, provozovatel tak klade důraz na rychlý postup, a to může způsobit pracovníkům stres. Práce ve stresu v prašném a horkém prostředí může mít vliv na jejich výkon a způsobit tak vyšší chybovost, která může vyvolat nebezpečnou situaci</p>
Hledání závad	2.1.2 – Zasažení elektrickým proudem v okolí elektrického rozvaděče při poruše	-Při poruše, která je způsobená elektrickou závadou, může být obsluha při hledání závady v rozvaděči zasažena elektrickým proudem
Vyřazení z provozu a demontáž	<p>1.2.6 - Pád těžkých břemen</p> <p>1.1.2 Stlačení způsobené pádem součástí pece</p>	-Při demontáži stejně jako při montáži hrozí pád těžkých břemen a následné stlačení

6.5 Seznam identifikovaných nebezpečí u průmyslové plynové pece

V této kapitole budeme postupovat dle normy ČSN EN ISO 12100:2011. Každé identifikované nebezpečí musíme zhodnotit dle přehledové tabulky, kterou můžeme vidět na obrázku číslo 9. V tabulce jsou uvedeny kategorie významu škody na zdraví a označeny písmenem S, jsou seřazeny podle závažnosti od smrti (S3) až po zanedbatelné poškození (S0), kategorie četnosti a doby vystavení se nebezpečí značeny písmenem A, která má dvě podskupiny, často až trvale (A2) a zřídka či častěji (A1), kategorie možnosti odvrácení nebo snížení škody značeny písmenem E, sotva možné (E3), možné za určitých okolností (E2) a možné (E1) a poslední kategorie se věnuje pravděpodobnosti výskytu nebezpečné události, která je značena písmenem W a má tři podkategorie, velká (W3), střední (W2) a malá (W1). Díky této tabulce vyhodnotíme u jednotlivých nebezpečí všechny kategorie a dle grafu pro odhad velikosti rizika udělíme jednotlivým identifikovaným nebezpečím body. Nedílnou součástí obrázku číslo 8 neboli právě zmiňovaného grafu pro odhad velikosti rizika je rozmezí rizika kdy, 0–4 body je akceptovatelné riziko, 5–6 bodů je akceptovatelné riziko po prověření a 5–18 bodů je neakceptovatelné riziko. Tímto postupem bude vyhodnocena tabulka číslo 3 uvedená níže.



Obr. 8) Graf pro odhad velikosti rizika [38]

Kategorie významu škody na zdraví		
škoda na zdraví	kategorie	popis kategorie
smrt	S3	smrtelné zranění
trvalé zranění	S2	zranění s trvalými následky (ztráta zraku, sluchu, prstů...)
lehké poškození	S1	zranění s pracovní neschopností delší 3 dnů
zanedbatelné poškození	S0	zranění bez nebo s pracovní neschopností do 3 dnů

Kategorie možnosti odvrácení nebo snížení škody		
snížení škody	kategorie	popis kategorie
sotva možné	E3	neočekávaný a rychlý výskyt nebezpečné situace
možné za určitých okolností	E2	jsou k dispozici funkční ochranná opatření
možné	E1	výskyt nebezpečné události je očekávaný a pozvolný

Kategorie četnosti a doby vystavení se nebezpečí		
četnost / doba	kategorie	popis kategorie
často až trvale	A2	vystavení se nebezpečí několikrát za den
zřídka až častěji	A1	vystavení se nebezpečí maximálně jedenkrát za den

Kategorie pravděpodobnosti výskytu nebezpečné události		
pravděpodobnost	kategorie	popis kategorie
velká	W3	výskyt události častější než jednou za směnu
střední	W2	výskyt události častější než jednou za den
malá	W1	událost se může vyskytnout maximálně jednou za den

Obr. 9) Tabulka pro zhodnocení nebezpečí [38]

Tab 3) Identifikovaná nebezpečí u plynové pece

Číslo nebezpečí	Popis nebezpečí	Prvky rizika				Velikost rizika
		S	A	E	W	
1	Mechanická nebezpečí					
1.1	Nebezpečí stlačení					
1.1.1	Stlačení způsobené pádem součástí pece při přepravě	3	1	3	1	13
1.1.2	Stlačení způsobené pádem součástí pece při montáži	3	1	3	1	13
1.1.3	Stlačení způsobené přivřením části těla dveřmi komory	2	2	2	3	11
1.1.4	Stlačení způsobené neopatrnou manipulací se vsázkou	3	2	3	3	18
1.2	Nebezpečí zakopnutí, uklouznutí a pádu					
1.2.1	Zakopnutí o předměty ponechané na nevhodných místech, kde se pohybuje obsluha	2	2	2	3	11
1.2.2	Zakopnutí o materiál či jeho zbytky v okolí pece	2	2	2	3	11
1.2.3	Pád součástí pece při přepravě či instalaci	3	1	2	1	12
1.2.4	Zakopnutí a následný pád do prostoru pece	3	2	3	3	18
1.2.5	Pád vsázkového materiálu	2	2	3	3	12
1.2.6	Pád těžkých břemen	2	2	3	3	12
2	Elektrická nebezpečí					
2.1	Nebezpečí zasažení elektrickým proudem					
2.1.1	Zasažení elektrickým proudem v okolí elektrického rozvaděče při poruše	3	1	2	1	12
2.1.2	Zasažení elektrickým proudem ovládání elektrických dveří komory pece – při poruše	1	1	2	1	0
2.2	Nebezpečí požáru					
2.2.1	Požár kabeláže (nesprávná elektroinstalace)	3	1	2	1	12
3	Tepelná nebezpečí					
3.1	Nebezpečí popálení					
3.1.1	Popálení z důvodu kontaktu s horkým povrchem materiálu či pece	2	2	2	3	11

3.1.2	Popálení od plamenů z pece při navážení vsázky do komory	2	2	2	3	11
3.2	Nepříznivé podmínky v pracovním prostředí					
3.2.1	Kvůli vysokým teplotám při provozu vznikají pro obsluhu nepříznivé podmínky, které mohou ohrozit její zdraví	1	2	1	3	4
3.3	Nebezpečí výbuchu					
3.3.1	Během tepelného zpracování kovů se mohou uvolňovat plyny, které jsou za vysokých teplot velmi hořlavé (výbušné)	3	2	3	3	18
4	Nebezpečí hluku					
4.1	Nepříznivé podmínky v pracovním prostředí – hluk					
4.1.1	Vlivem hluku při provozu průmyslové plynové pece je obsluha vystavena nebezpečí ztráty koncentrace, ztráty sluchu či jiným fyziologickým potížím, proto je nutné použití ochranných prostředků (např. sluchátek)	2	2	1	3	10
5	Nebezpečí záření					
5.1	Nebezpečí poškození zraku					
5.1.1	Obsluha, která se bude nacházet v těsné blízkosti pece, si vlivem tepla může poškodit zrak	2	2	2	3	11
5.2	Nebezpečí popálení					
5.2.1	Teplo, které z pece při provozu vyzařuje, může způsobit popálení kůže	2	2	2	3	11
6	Nebezpečí materiálů/látek					
6.1	Nebezpečí požáru					
6.1.1	Kvůli sálajícím plamenům z komory pece může dojít k vystříknutí kousku žhavého materiálu, který by mohl způsobit požár v reakci s jiným hořlavým materiálem či předmětem v blízkosti pece	3	2	3	3	18
6.2	Nebezpečí výbuchu					
6.2.1	Při provozu pece dochází ke vzniku hořlavých plynů (např. oxid uhelnatý), které jsou výbušné a v blízkosti hořlavého materiálu by mohly zapříčinit explozi	3	1	3	1	13
6.2.2	Únik plynu způsobený trhlinou v plynovodním potrubí by při zapalování pece	3	1	3	1	13

	mohl způsobit explozi					
6.2.3	Kvůli nedostatečnému proškolení obsluhy může dojít k použití nesprávného hořlavého materiálu a následnému výbuchu	3	1	3	1	13
6.3	Nebezpečí otravy či udušení					
6.3.1	Při provozu pece může dojít k úniku plynů, které mohou způsobit obsluze dýchací potíže, nebo dokonce otravu při inhalaci vyššího množství nebezpečných plynů	3	1	1	1	11
6.4	Nepříznivé podmínky v pracovním prostředí					
6.4.1	Okolí pece je prašným prostředím, které by mohlo obsluze způsobit dýchací potíže	2	2	1	3	10
6.5	Kouř					
6.5.1	Spalováním plynného paliva vzniká zdraví škodlivý kouř, který pokud není odvětráván, může způsobit dýchací potíže obsluhy	3	1	2	2	13
7	Ergonomická nebezpečí					
7.1	Zdraví ohrožující činnosti					
7.1.1	Dlouhodobé přetěžování při zvedání těžkých břemen má nepříznivý vliv na lidskou kostru a může dojít k poškození a nevratným zdravotním potížím	2	2	1	3	10
7.1.2	Z hlediska ergonomie je práce v odvětví hutnictví fyzicky velmi náročná, provoz pece je hlučný, okolní teplota vysoká a na obsluhu pece může mít nepříznivý vliv, je velmi důležité, aby obsluha byla v dobrém fyzickém stavu a nepřeceňovala svoje možnosti	3	2	3	3	18
7.2	Zanedbání použití ochranných prostředků					
7.2.1	Pokud obsluha zanedbá použití ochranných prostředků např. sluchátek, ochranného oděvu, přilby či brýlí, mohla by si způsobit vážné zdravotní potíže	2	2	3	3	12
8	Nebezpečí spojená s prostředím, ve kterém je stroj používán					
8.1	Nepříznivé podmínky v pracovním prostředí					
8.1.1	Pracovní prostředí pece není čisté, a v důsledku toho je obsluha denně vystavována prachu a znečištění spojeným s provozem pece	2	2	1	3	10

9	Kombinace nebezpečí					
9.1	Reakce jiskry při spouštění elektrického ventilátoru a únik plynu trhlinou v plynovodním potrubí	3	1	3	1	13
9.2	Pokles tlaku přiváděného topného plynu pod přípustnou mez a selhání zabezpečovacího uzávěru přívodu topného plynu	3	1	3	1	13
9.3	Čištění pece je zdoluhavý proces, při kterém je na obsluhu kladen velký stres kvůli finančním ztrátám. Pod vlivem stresu, vysoké teploty a fyzicky namáhavé práce může tato kombinace způsobit vyšší chybovost obsluhy. Tyto lidské chyby mohou vyvolat životu nebezpečnou situaci (např. výbuch pece)	3	1	3	1	13
9.4	Dojde k požáru pece a v její blízkosti je skladovaný vysoce hořlavý či výbušný materiál, kombinací těchto nebezpečí hrozí výbuch	3	1	3	1	13
9.5	Dojde ke změně technologického postupu, avšak obsluha není řádně proškolená a v důsledku toho může dojít k havárii	3	2	2	3	17

Odhad velikosti rizika u jednotlivých nebezpečí v tabulce číslo 3 je vyčíslen za předpokladu, že nejsou použity žádné bezpečnostní prvky ke snížení rizika a průmyslová plynová pec je teprve navrhována. Díky konzultacím s vedoucím práce, jsem měla dostatek informací a poznatků, ze kterých jsem pro tuto analýzu mohla čerpat. Jak už bylo ale řečeno, tento postup analýzy rizika je vhodný pro tým odborníků specializovaných na konkrétní odvětví.

7 DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ ROZVOJ

Při provozu průmyslových plynových pecí dochází k situacím, v nichž je ohrožen nejen lidský život ale i životní prostředí. Pro minimalizaci těchto nebezpečí musí být dodržovány legislativní požadavky a technické normy, kterým se věnuji ve čtvrté kapitole.

Průmyslová plynová pec je rizikové strojní zařízení samo o sobě, avšak havárie ve většině případů nejsou způsobeny zařízením samotným. Nejčastější příčinou je totiž lidská chyba. V provozech často absentují pravidelné poctivé kontroly. Nezodpovědnost a nedbalost provozovatelů je hlavním důvodem špatného technického stavu komponent pece. Pravidelné kontroly a údržby jsou nařízeny přímo v normách, přesto je provozovatelé často ignorují, což nám dokazuje i rešerše havárií v kapitole 5, na kterou navazuje první kapitola věnovaná diagramu příčin a následků havárií průmyslových pecí, konkrétně hlavnímu problému – požáru pece.

Analýza rizik provedená v kapitole 6 není konečným šetřením. Dle normy ČSN EN ISO 12100 odhadnutá velikost rizika všech možných nebezpečí musí být zhodnocena a v případě nutnosti by mělo být riziko odstraněno nebo alespoň eliminováno. Snížení rizika můžeme dosáhnout díky ochranným opatřením, která tato norma uvádí jako metodu tří kroků. Jak bylo řečeno již dříve, pro úplné vyhodnocení rizik by byla za potřebí kombinace analýz, a především tým odborníků se specializací na dané odvětví. Kdyby dělal analýzu pouze jeden člověk, jak je tomu i v případě této bakalářské práce, mohl by snadno opomenout nějaké možné nebezpečí, přestože by disponoval vyššími znalostmi v daném tématu než autorka této práce, což je v praxi nepřijatelné.

Předvídatelné nesprávné použití pece obsluhou je jedním z nejdůležitějších aspektů při hodnocení bezpečnosti, není ale zdaleka jediný, důležité je, aby odborníci při zpracovávání analýzy brali v úvahu celý životní cyklus pece, předpovídali poruchu pece, zajímali se o hlášení jiných havárií, a především dostatečně rozuměli funkci a konstrukci dané pece.

Směrnice vztahující se k tématu bakalářské práce z bezpečnostního hlediska nekladou důraz pouze na provozovatele, ale i na spotřebitele, ti musí být zodpovědní a dodržovat daný technologický postup dle návodu k obsluze zařízení. Nedílnou součástí návodu k používání právě průmyslové plynové pece je i časový rozvrh údržby, která by se neměla podceňovat, s podrobným postupem.

Řešením nebo alespoň minimalizací příčin havárií kvůli lidské chybě by mohlo být důkladné proškolení obsluhy, která si často není vědoma, jak vážný může mít dopad jejich nezodpovědnost na lidské životy či majetkové ztráty.

8 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byla rešerše v oblasti bezpečnosti průmyslových pecí, systémový rozbor problematiky, návrh řešení, diskuse výsledků a doporučení pro další rozvoj.

V první kapitole je stručný úvod do problematiky, ve druhé kapitole je rozebrán systémový přístup, vypracován Ishikawův diagram neboli diagram příčin a následků, kdy hlavním problémem (následkem) tvoří požár pece. Dále jsou shrnuty a popsány nejčastější příčiny havárií tohoto druhu a navrženo řešení.

Třetí kapitola se věnuje popisu průmyslových plynových pecí. Je zde uvedeno charakteristické rozdělení průmyslových pecí a poté je věnována pozornost rozdělení konkrétně pecím plynovým. Plynové pece rozdělujeme dle technologického určení na dvě hlavní skupiny, pece ohřívací a pro tepelné zpracování kovů. Dále jsou pak děleny dle jejich konstrukce. Plynové pece jsou důležitou součástí hutnictví a průmyslových procesů, proto je v této části popsán i jejich provoz s detailnějším popisem topného systému, jelikož ten je z hlediska bezpečnosti velmi důležitý.

Legislativní požadavky na bezpečnost průmyslových plynových pecí a vztahující se normy jsou náplní čtvrté kapitoly, jsou zde popsány ty nejdůležitější zákony, vyhlášky, směrnice, nařízení a české technické normy, jež řeší požadavky na bezpečnou konstrukci a bezpečný provoz. Nejdůležitější pro tuto práci je norma ČSN EN ISO 12100:2011, která popisuje metodu, jak identifikovat nebezpečí a příslušné nebezpečné situace.

V páté kapitole jsou popsány vybrané havárie průmyslových plynových pecí, v jejímž závěru jsou krátce shrnuty a vyhodnoceny jejich příčiny.

Nejdůležitější kapitolou této práce je kapitola šestá, která pojednává o posouzení rizik dle zmiňované normy ČSN EN ISO 12100:2011. Pro vyhodnocení rizika v praxi je samozřejmě analýza jen podle normy ČSN EN ISO 12100:2011 nedostatečná, avšak pro účel této práce je dostačující. Postup při identifikaci nebezpečí a odhadu rizika je složen z více kroků, hlavní pozornost je v případě této práce směřována na 3 po sobě jdoucí kroky: systémovou analýzu strojního zařízení, určení mezních hodnot zařízení a identifikaci nebezpečí. Po identifikaci následuje hodnocení rizika pro každé identifikované nebezpečí. Autorka práce odhadla velikost rizika a navrhla možná řešení.

V sedmé kapitole je stručně popsáno doporučení pro další rozvoj v oblasti bezpečnosti průmyslových plynových pecí.

Správně by po identifikaci nebezpečí, odhadnutí rizika a jeho velikosti mělo následovat opakované snižování rizika pomocí bezpečnostních opatření. Musíme však pamatovat na to, že některá rizika nelze zcela, ani při použití bezpečnostních opatření, odstranit, pouze eliminovat. Zbytková rizika poté musí být uvedena v návodu k používání zařízení. Největší důraz by měl být kladen na bezpečnost obsluhy, ale důležité je brát v úvahu i ekonomické a ekologické následky možné havárie nebo i při samotném provozu.

Průmyslové plynové pece se používají v průmyslové výrobě po celém světě. Existuje mnoho druhů pecí, které se mohou lišit jak v konstrukci, tak v použití, jejich společnými prvky nebezpečí jsou však vždy vysoká teplota, vznik nebezpečných plynů a práce za nepříznivých podmínek.

V praxi by identifikace nebezpečí byla prováděna týmem odborníků za použití kombinace více druhů analýz rizik než jen dle normy ČSN EN ISO 12100:2011, jak je tomu v této bakalářské práci. Tuto práci lze použít jako základ pro vypracování strategií ke snížení rizika spojeného s konkrétním nebezpečím při provozu průmyslové plynové pece i přes neúplné řešení. Určité části této práce by mohly být zahrnuty do např. interních předpisů závodu jako doplnění.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BOTLÍK, Josef. SYSTÉMOVÁ ANALÝZA. In: *Slu.cz/opf/cz/* [online]. Karviná, 2004 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://is.slu.cz/el/opf/zima2020/INMBKTES/um/SystemAnalyza.pdf>
- [2] BLECHA, Petr. *Základy managementu kvality a životního prostředí* [cvičení]. Brno: VUT FSI, 2022 [cit. 2024-05-16].
- [3] CERTIFIKACE MANAŽERSKÝCH SYSTÉMŮ. *Ishikawa diagram* [online]. b.r. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.cems-cz.com/blog/228-ishikawa-diagram>
- [4] MACHÁČKOVÁ, Adéla a Lenka MRŇKOVÁ. PRŮMYSLOVÉ PECE. In: *Fmt.vsb.cz* [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: http://katedry.fmmi.vsb.cz/Modin_Animace/Opory/02_Metalurgicke_inzenyrstvi/24_Prumyslove_pece/Machackova_Prumyslove_pece.pdf
- [5] ČSN 06 3003. *Průmyslové plynové pece – základní ustanovení*. Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, Praha, 1981.
- [6] How Does An Industrial Furnace Work? In: *Hzfurnaces.com* [online]. 2024 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://cz.hzfurnaces.com/info/how-does-an-industrial-furnace-work-91678424.html>
- [7] FÍK, Josef. Plynové spotřebiče (III). In: *Tzb-info.cz* [online]. 2004 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/2039-plynove-spotrebice-iii>
- [8] Vozokomorové pece VKTP... In: *Lac.cz* [online]. b.r. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.lac.cz/cs/pece-a-susarny/zakazkove-projekty/slevarny-zelezných-a-nezelezných-kovu/vozokomorova-pec-pro-zihani-dilu-podvozku-zeleznic/vozokomorova-pec-vktp-20000-11>
- [9] FOITZIK, Miroslav. *Péče o investiční majetek* [online]. Ostrava, 2010, 2010 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/8984195.pdf>. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní. Vedoucí práce doc. Ing. Josef Novák, CSc.
- [10] ŠMÁLEK, Josef, Zdeněk ŠTĚTKA a Ivan ŠTĚLOVSKÝ. *Průmyslové pece ve strojírenství*. Státní nakladatelství technické literatury, 1956.
- [11] BRUNKLAUS, J. Henri. *Stavba průmyslových pecí*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966.
- [12] RYCHTER, Aleš. *Zkoušky hořáků* [online]. Brno, 2012 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=53371. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Petr Bělohradský, Ph.D.
- [13] E-THERM Technologická zařízení. In: *Ethermtz.cz* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.ethermtz.cz/vyroby/vozove-ohrivaci-pec/>
- [14] KLEČKOVÁ, Zuzana. PECE A ENERGETICKÉ HOSPODÁŘSTVÍ. In: *Fmt.vsb.cz* [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: http://katedry.fmmi.vsb.cz/Modin_Animace/Opory/02_Metalurgicke_inzenyrstvi/23_Pece_a_energeticke_hospodarstvi/Kleckova_Pece_a_energeticke_hospodarstvi.pdf
- [15] Zákon č. 262/2006 Sb. In: *Zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262>

- [16] Zákon č. 309/2006 Sb. In: *Zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-309?text=309%2F2006>
- [17] Vyhláška č. 48/1982 Sb. In: *Zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1982-48?text=Vyh%C3%A1%C5%A1ka+48%2F1982+Sb>.
- [18] Vyhláška č. 51/1989 Sb. In: *Zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1989-51?text=Vyh%C3%A1%C5%A1ka+%C4%8D.+51%2F1989+Sb>.
- [19] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES. In: *Eur-lex.europa.eu* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:157:0024:0086:cs:PDF>
- [20] Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2014/34/EU. In: *Eur-lex.europa.eu* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0034&from=IT>
- [21] VVUU RISK ANALYSIS: Analýza rizik elektrických/ neelektrických zařízení. In: *Riskanalysis.vvuu.cz* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://riskanalysis.vvuu.cz/elektricka-neelektricka-zarizeni>
- [22] Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 1999/92/ES. In: *Eur-lex.europa.eu* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A01999L0092-20070627>
- [23] ŠTURMA, Martin a PROVOZ VYHRAZENÝCH TECHNIKÝCH ZAŘÍZENÍ. NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 191/2022 Sb. o vyhrazených technických plynových zařízeních a požadavcích na zajištění jejich bezpečnosti. In: *Grada.cz* [online]. Praha: Grada Publishing, 2023, s. 76-103 [cit. 2024-05-16]. ISBN 978-80-271-6838-5. Dostupné z: <https://www.grada.cz/provoz-vyhrazenych-technicky-ch-zarizeni-12815/>
- [24] Technické normy ČSN – právní úprava. In: *Technicke-normy-csn.cz* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/clanky-normalizace/zavaznost-technicky-ch-norem-csn/#>
- [25] Uvádění výrobků na trh, Co jsou harmonizované normy. In: *Unmz.cz* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.nlnorm.cz/informacni-portal/146/co-jsou-harmonizovane-normy>
- [26] ČSN EN ISO 12100. *Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [27] ČSN EN ISO 12100 OPRAVA 1. *Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- [28] ČSN EN 746-2. *Průmyslová tepelná zařízení – Část 2: Bezpečnostní požadavky na zařízení ke spalování a manipulaci s palivy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [29] Explosion in a pharmaceutical factory. In: *Aria.developpement-durable.gouv.fr* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/24354_en/?lang=en
- [30] 29278. In: *Aria.developpement-durable.gouv.fr* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/29278_en/?lang=en
- [31] High frequency of gas accidents threatens safety of workers across industries. In: *Clb.org.hk* [online]. 2022 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z:

<https://elb.org.hk/en/content/high-frequency-gas-accidents-threatens-safety-workers-across-industries>

- [32] ZEMA – Detailansicht für Ereignis vom 22.08.2018. In: *Infosis.uba.de* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.infosis.uba.de/index.php/en/site/13947/zema/index/29351.html>
- [33] Implosion/explosion of hydrogen in a furnace of a copper metallurgy firm. In: *Aria.developpement-durable.gouv.fr* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/57436_en/?lang=en
- [34] Explosion of an aluminium smelting furnace. In: *Aria.developpement-durable.gouv.fr* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/58131_en/?lang=en
- [35] Indonesia nickel smelter furnace fire kills 13 workers, injures 46. In: *Reuters.com* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/world/asia-pacific/smelter-furnace-blast-kills-12-indonesias-morowali-nickel-industrial-park-media-2023-12-24/>
- [36] Furnace blast at Indonesia nickel factory kills 13 workers, wounds 38. In: *Edition.cnn.com* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://edition.cnn.com/2023/12/24/asia/indonesia-nickel-factory-blast-intl-hnk/index.html>
- [37] Plynová pec v plamenech! Při požáru v Žebráku se zranil jeden člověk. In: *Nasregion.cz* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://nasregion.cz/plynova-pec-v-plamenech-pri-pozaru-v-zebraku-se-zranil-jeden-clovek-364574/>
- [38] BLECHA, Petr. *Základy managementu rizik* [cvičení]. Brno: VUT FSI, 2021 [cit. 2024-05-16].
- [39] KOTEK, Luboš. *Informace poskytnuté na konzultaci* [konzultace]. [cit. 2024-05-17].

10 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam zkratk a symbolů

EU	Evropská unie
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
ES	Evropské společenství
CE	<i>Conformité Européenne</i> – evropská shoda
MW	Megawatt
kW	Kilowatt
ČSN	česká technická norma
EN	evropská norma
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> – Mezinárodní organizace pro normalizaci
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> – Mezinárodní elektrotechnická komise
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i> – Evropský ústav pro telekomunikační normy
CEN	<i>Comité Européen de Normalisation</i> – Evropský výbor pro normalizaci
CENELEC	<i>Comité Européen de Normalisation Électrotechnique</i> – Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice
IThE	Průmyslové tepelné zařízení
E	elektrická energie
T	odvod tepelné energie
P	odvod plynů

Seznam tabulek

Tab 1) Zdroje nebezpečí u komponent stroje.....	52
Tab 2) Možné nebezpečné situace během životního cyklu.....	53
Tab 3) Identifikovaná nebezpečí u plynové pece.....	58

Seznam obrázků

Obr. 1) Ishikawa diagram požáru pece	18
Obr. 2) Popis pece 1.Vsázka, 2. Vůz, 3. Vyzdívka, 4. Ovladač dveří a vozíku, 5.Regulátory hořáků, 6. Hořáky, 7. Vzduchové potrubí, 8. Ventilátor, 9. Rozvaděč, 10. Dveře, 11. Motorový pohon dveří, 12. Komora, 13. Plynové potrubí, 14. Komín	21
Obr. 3) Označování elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu pro plyny a páry	32
Obr. 4) Schematické znázornění procesu snižování rizika včetně opakovací tříkrokové metody	39
Obr. 5) Chemický závod po explozi ve městě Geleen	44
Obr. 6) Požár pece niklové hutě společnosti Indonesia Tsingshan Stainless Steel.....	47
Obr. 7) Blokový diagram průmyslové plynové pece	50
Obr. 8) Graf pro odhad velikosti rizika.....	57
Obr. 9) Tabulka pro zhodnocení nebezpečí	57